FM ステレオトランスミッタ
取扱説明書

2014/08/28　第 1 版

目次

改定履歴

改定№	日時	ページ	項目
1	2014/08/28	全	暫定版

はじめに

FM ステレオトランスミッタをお買い上げ頂き誠にありがとうございます。
本取り扱い説明書を良くお読みになられた後、お使い頂きます様よろしくお願いいたします。

1.1　各部紹介

概観図　　(正面)



液晶パネル　項目選択スイッチ　決定ボタン　キャンセルボタン　音声入力(RCA 端子)
インピーダンス 22kΩ

液晶パネル

液晶パネルに現在の周波数と変調レベル、その他状態を表示します。
周波数調整、入力ボリューム、パイロット信号などの調整は全て項目選択スイッチと決定ボタン、キャンセルボタンで液晶画面を見ながら設定します。

アナログ入力端子

音声入力端子は最大振幅 1.5Vp-p(−5.5dBV)〜3.0Vp-p(0.5dBV)の音声を入力します。デジタルボリュームを調整する事で入力レベル過不足を補う事ができますが、調整した分ダイナミックレンジが減少するので初期状態”デジタルボリューム 50”のままで使用される事をお勧めします。また入力インピーダンスは 22 KΩです。

(背面)



RF 出力
インピーダンス 50Ω

電源入力
11.5〜16V
φ2.1　ジャック

USB 入力

SPDIF 光入力

デジタル入力 SPDIF

SPDIF の光端子(Toslink 角型)を接続します。入力可能な音声のサンプリング周波数は 8KHz～192KHz です。SPDIF データエラー時、または無接続時は自動的に音声がミュートされます。

(注意)本機は 50/15usec エンファシス解除機能を持っていないので､プリエンファシスされた音声を入力しないようご注意下さい。高音が強調された音声が変調され、過変調の原因となります。

USB 入力

PC と USB 端子で接続すると、PC から USB-AUDIO と認識され、音声を入力する事ができます。USB 入力端子は本トランスミッタと別電源(バスパワー)なので、トランスミッタ本体の電源が OFF になっても PC から USB-AUDIO デバイスが接続され続けていると認識されます。　入力できるサンプリング周波数は 32K,44.1K,48KHz の 3 種類です。また PC の OS(windowsXP 以降)が持っているサンプルレート変更機能により､通常はどのサンプリング周波数でも上記 3 種類のサンプリング周波数に自動変換されます。
また、USB ケーブル無接続時には自動的にミュートされます。

電源端子

電源入力はセンタープラスの AC アダプタをご使用下さい｡付属アダプタの使用を 推薦します。11.5V 以下のアダプタをご使用の場合、RF アンプの供給電圧が不安定になり、ハム音が発生します。また、25V 以上の電圧を入力すると内部ケミコンの耐圧オーバーになり、また 16V 以上を供給すると消費電力が著しく増える為、発熱による破壊もしくは短寿命の原因となります。
なお、センターマイナスの AC アダプタを接続しても保護ダイオードがあるので壊れませんが、全く動作しませんのでご注意下さい。

RF 高周波出力

RF 出力はインピーダンス 16.7Ω～150Ω(VSWR 3 以下)の負荷を接続してご使用下さい。極端にインピーダンスが 50Ωからずれると、高調波の増加、出力の低下ならびにミスマッチにより消費電力の増加と高周波増幅トランジスターが発熱し、信頼性と寿命が低下します。

液晶表示パネル部詳細(電源投入時)



電源を入れると、上記のように入力レベルと送信周波数、それに入力ボリュームの値を表示します。液晶左側は右(R)及び左(L)の音声入力レベルをバーグラフ及びドットで表示します。フルスケール時の変調レベルは 2.8　BARGRAPH SCALE で変更できます。

また、上記パネル上に表示している項目は良く設定値を変更するのでキャンセルボタンを押すと値を変更するモード(クイックモード)にすぐに切り替わります。以下に操作フローと変更方法詳細を示します。

1.2 クイック設定項目フロー



1.3 クイック設定項目詳細

液晶表示パネル部詳細(キャンセルボタン押下時)　周波数変更状態



上記電源投入状態時に ”キャンセルボタン” を押すと 3 ケタの周波数表示部分が半透明にフラッシュします。この状態で “項目選択スイッチ” を回すと送信周波数を変更することが出来ます。周波数可変範囲は 76.0～90.0MHz です。
周波数を変更すると、PLL による周波数調整の為、10(最小)～20 秒送信が自動停止します。

PLL アンロック時の表示



周波数を変更した時、または電源を入れた直後は内部発振器の周波数がずれている為、PLL が送信周波数を目標とする値に変更します。その際目標の周波数に到達するまでの間、上記のように周波数の単位表示が「MHz」からアンロックを示す「UNL」に変わり、RF 出力が自動停止します。
目標とする値に到達すると「UNL」→「MHz」に表示が変化します。ただし安全の為 10 秒間 RF 出力停止状態を続け様子を見ます。この間一瞬でもアンロックにならなければ RF 出力が ON に切り替わります。

液晶表示パネル部詳細(さらにキャンセルボタン押下時)　入力種別変更状態



上記周波数変更状態時に ”キャンセルボタン” を押すと入力種別を選択する画面になります。項目選択スイッチを回すと、Ain(アナログ入力)→Din(SPDIF 入力)→USB→Ain(アナログ入力)‥と変化します。

液晶表示パネル部詳細(さらにキャンセルボタン押下時)　(デジタルボリューム調整状態)



上記入力種別変更状態時に ”キャンセルボタン” を押すとデジタルボリューム調整状態になります。項目選択スイッチを回すと、ボリューム値が 0～99 まで変化します。値を 1 増加させると 0.5dB 音量が増加します。ボリューム値が”50”の時デジタルボリュームの利得が 0dB になり、最大限のダイナミックレンジが得られます。

液晶表示パネル部詳細(さらにキャンセルボタン押下時)　バーグラフ種類選択状態





上記デジタルボリューム調整状態時に ”キャンセルボタン” を押すと LR の表示がフラッシュし、バーグラフの種類を変更する状態になります。“項目選択スイッチ”を回すことで上記のように 2 種類から選ぶことが出来ます。　上記 2 種類ともフルスケール時のレベルに変化はありません。

液晶表示パネル部詳細(さらにキャンセルボタン押下時)　(電源投入時)



上記入力種別変更状態時に ”キャンセルボタン” を押すと電源投入状態に戻ります。

2.メニュー画面と設定法詳細

クイック設定項目を表示している状態で ”決定ボタン” を押すと　メニュー画面に切り替わります。以下に操作法一例を示します。



電源投入時　または
クイック設定項目選択時

メニュー画面　大項目選択状態
項目選択スイッチを回すと大項目の種類が選べる

メニュー画面　小項目選択状態
←の例では SAVE MEMORY を選択した場合



電源投入時　または
クイック設定項目選択時

メニュー画面　大項目選択状態
項目選択スイッチを回すと大項目の種類が選べる

メニュー画面　小項目選択状態
項目選択スイッチを回すと小項目の種類が選べる
←の例では、過変調防止リミッターのON/OFF の設定

メニュー画面　小項目変更状態
←の状態で項目選択スイッチを回すと
ON/OFF が切り替わる

メニュー画面　大項目には以下の 7 種類があります。

SAVE memory　　····テストトーン以外の設定データを全て内部不揮発メモリーに記憶させせます。
Limitter set　　　····過変調防止用のエンファシスリミッターを設定します。
Pilot setting　　　····パイロットトーン(19KHz)の位相とレベルを調整します。
Sub level　　　　····L-R の差信号の利得を調整します。
MPX Setting　　　····L+R(和信号)、L－R(差信号)、パイロットトーンの ON/OFF を設定します。
Test tone　　　　····テストトーンの ON/OFF 周波数とレベルを設定します。
RF switch.　　　　····RF 出力を ON/OFF します。
BARGRAPH SCALE ····変調度計のフルスケール値を変更します。
ENHANCE SET　　····空間系エフェクト機能の設定をします。

以下に 9 種類の設定項目について詳しく解説します。

2.1　SAVE MEMORY　設定値の保存

　SAVE MEMORY はテストトーンを除く全ての設定値を記憶します。詳細はメニュー設定項目一覧表"EEPROM"欄にて確認下さい。
記憶した設定データを出荷状態に戻したい場合、または何らかの誤動作により保存したデータがおかしな値になり操作不能になった場合、決定ボタンとキャンセルボタンを押しながら電源を入れると、保存した設定値を初期化します。

2.2　LIMITTER SET　リミッターの設定

　本機には過変調防止のリミッターを内蔵しています。Triple-C や finalizer　および　Orabn などの専用品と比べ段違いの低性能なので過信しないように‥あくまで余った DSP 演算力をリミッタ機能に割り振っただけなので。

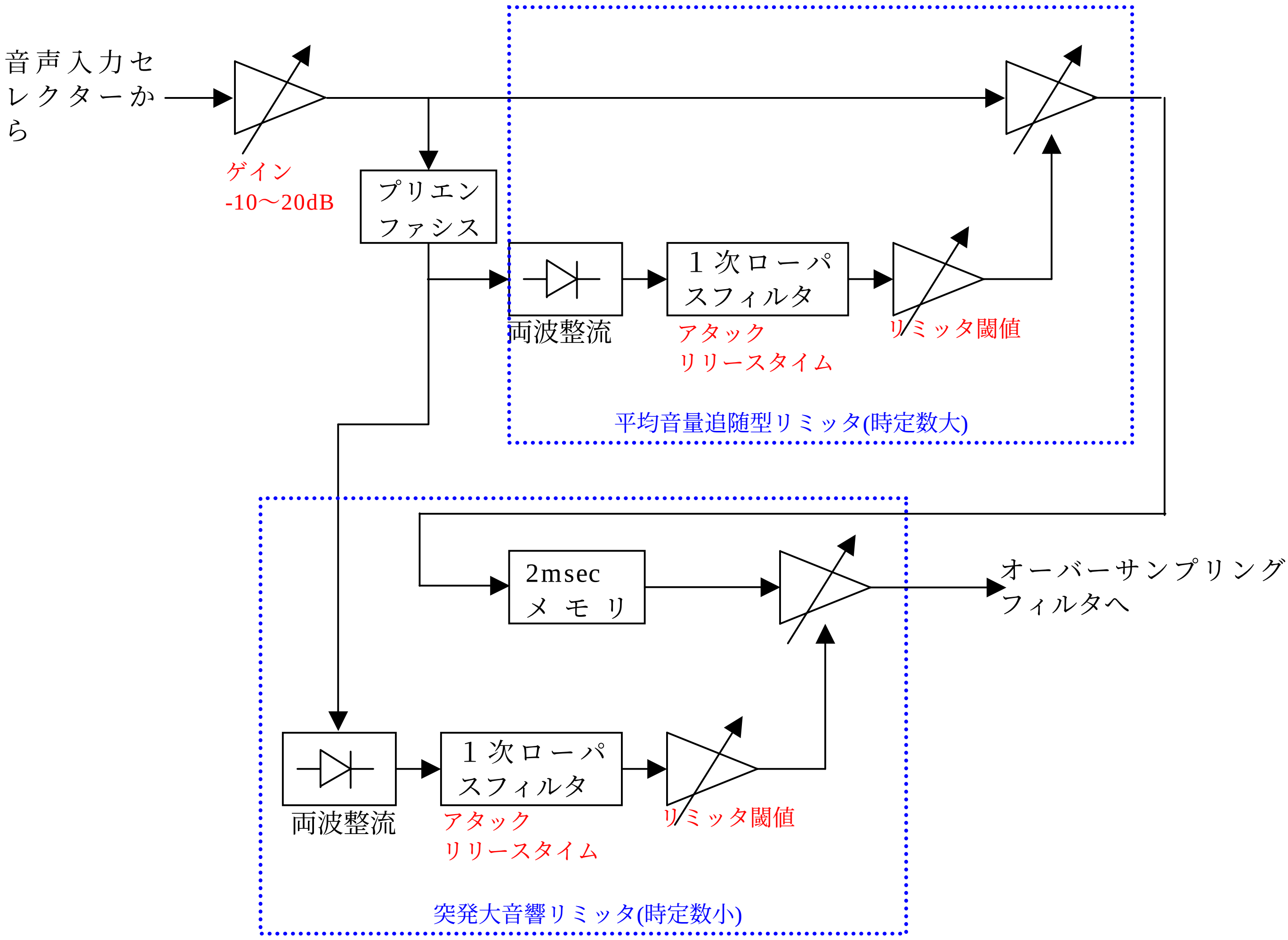
2.2.1 過変調防止リミッターについて

　次頁にリミッターのブロック図を示します。

過変調防止リミッタは 2 種類のリミッターを内蔵しています。1 段目は音声の平均レベルに追随して
出力音量をなるべく一定にします。いわゆる AGC と呼ばれる機能です。なのでアタックとリリースの時定数も秒単位と大きな値になっています。ここで変調度 30～50%相当になるよう AGC を効かすようにします。音声の出力レベルは変調度(%)で指定します。

次に 2 段目は突発大音響に反応するリミッターとなっています。音量は先の 1 段目のリミッターで変調度30%～50%程度に平均化されますが、ドラムを叩く音など、突発的な大音響はその数倍の音量を持ちます。なので、瞬間的に反応するように時定数はきわめて短く、また絶対に大音響が変調部に流れないように 2 ミリ秒前もってリミッターのセンサー接続し音量を検出してゲインコントロールの準備期間を設ける‥いわゆるルックアヘッドリミッターの構成としてあります。リミッターの作動音量は変調度(%)で指定します。

1 段目のリミッター出力レベルを変調度 70%、2 段目の突発的大音響リミッター出力レベルを 100%程度にすると常時変調度が 100%に張り付く‥ガチガチのコンプ音(inter-fm のような？)になります。但し音質は····。逆に 1 段目を 40%程度　2 段目を 150%程度にすると NHK-FM のような音声になります。
過変調を許すのであれば、1 段目を 50%　2 段目を 180%にすると音圧を稼ぎつつ音質も保たれた良好な結果を得る事が出来ます。



リミッターの初段についているプリアンプは GAIN という項目で-10～20dB の範囲で指定できます。
リミッターのダイナミックレンジは 194dB 相当あるので、過大な利得を持たせてもヘッドルーム不足による音質の劣化はありません。

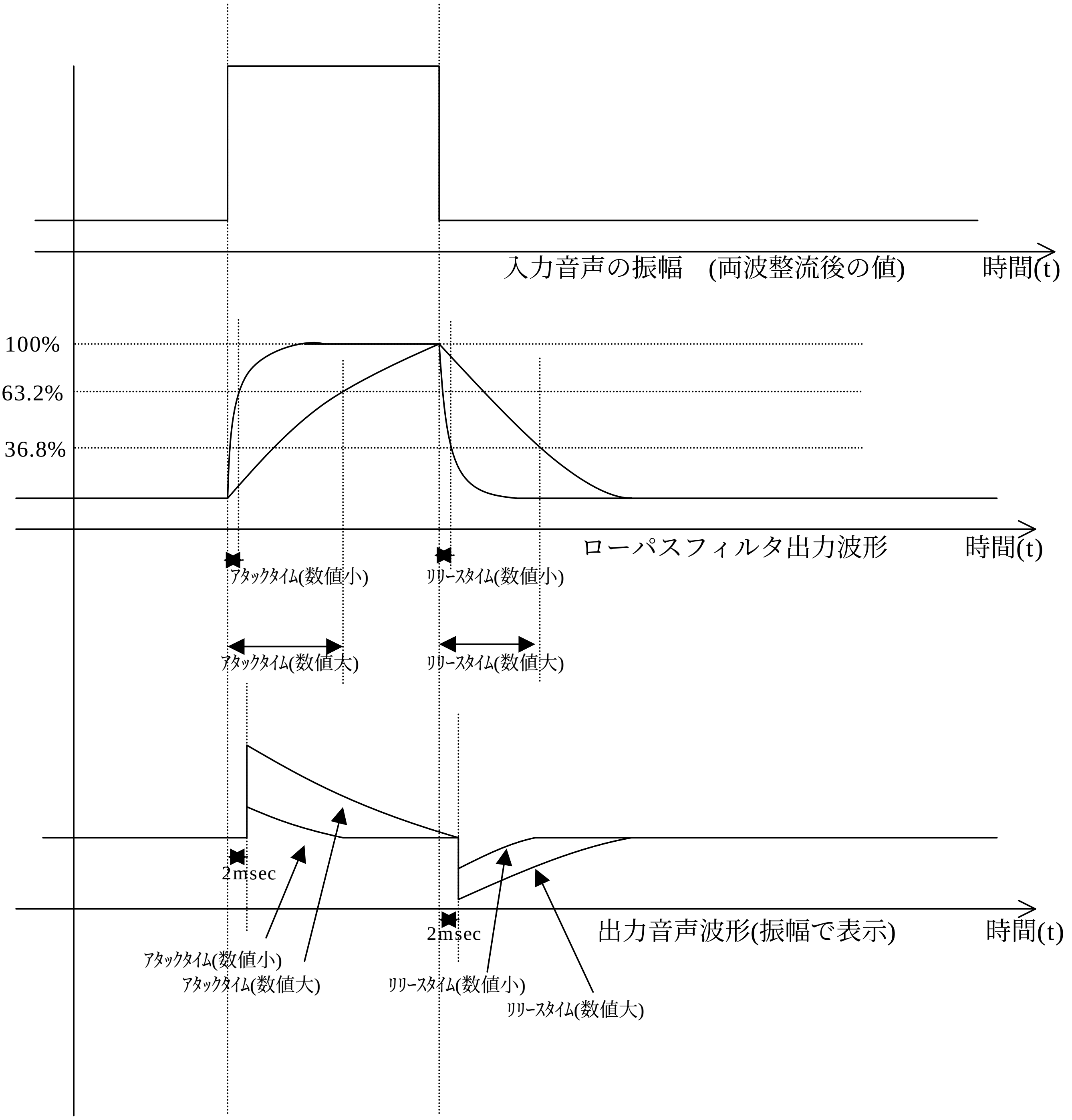


図 2.2.1.2　リミッタ動作

リミッターのアタックタイムとリリースタイムを↑に図示します。アタックタイムはリミッターの動作開始速度を、リリースはリミッターの解除速度を指定します。

平均音量追随型の場合、アタックタイム 0.2sec リリースタイム 3sec 程度を選びます。アタックタイムが遅いと、大音量が入ってきた場合なかなか追随しない為、ガチガチなコンプサウンドになりやすくなります。リリースタイムが早すぎてもコンプサウンドのようになります。

突発的大音響ミッターはアタックタイムについては最速(0.02msec)にしておく事をお勧めします。そうしないと瞬間的な大音響がキャッチできず、出力にすっぽ抜ける可能性があります。またリリースタイムは早すぎると低音がばたついて聞こえます。遅すぎると大きな音が聞こえた直後、無音に近い時間が長くなり何ともいえない変に歯切れの良い音になります。　15～50msec 内で調整してみて下さい。

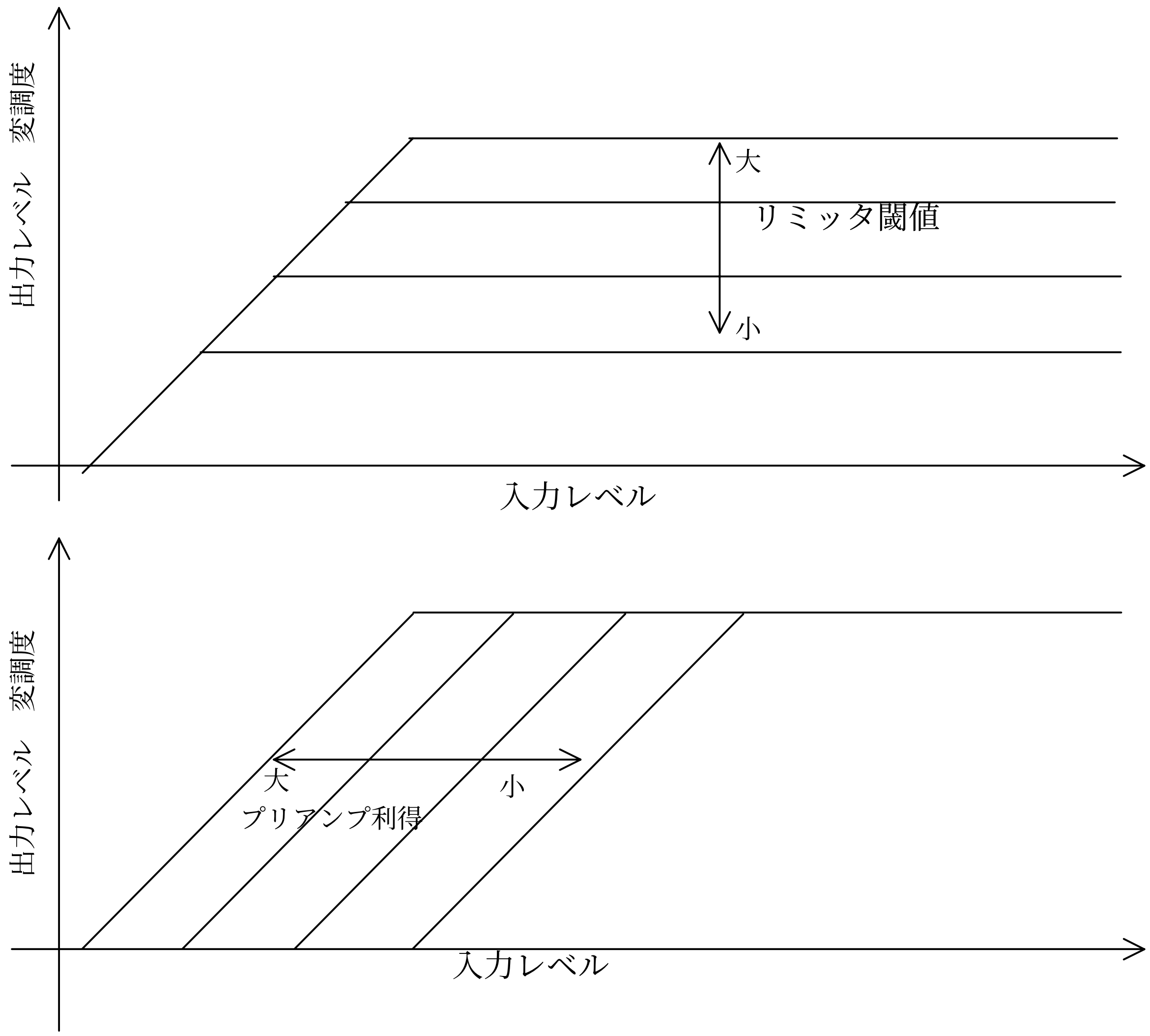


図 2.2.1.3　入力レベルの変化とリミッタ出力

2.3　PILOT SETTING　パイロット信号の設定

パイロット信号の 2 つの値　振幅と位相の 2 つを調整できます。　パイロット信号の振幅は規格で 100%変調(75KHz 偏移)に対して法律上では 8～10%(6～7.5KHz 偏移)と決められています。初期値は 10%となっています。

パイロット信号の位相は-100～100 まで変化できます。DSP 内部の SIN テーブル大きさにより現在では 360/3456=0.10416 度ステップで変えられます。値を増加すると 38KHz の L-R 副信号の位相が 19KHz のパイロット信号より進みます。逆に値を減らすと 38KHz の L-R 副信号の位相が 19KHz のパイロット信号より遅れます。0 に設定すると L-R 副信号の位相とパイロット信号が同相になります。

2.4　SUB LEVEL　L-R 差音声レベル設定

L-R の差音声レベルを細かく調整できます。初期値の 32768 に設定すると L+R の和音声と同一レベルになります。　最小値は 0(-∞dB)　初期値は 32768(0dB)　最大値は 65535(6.02dB)になります。

2.5　MPX SWITCH　マルチプレクサ各出力スイッチ設定

FM コンポジットを構成する L+R の和信号　L-R の差信号　それにコンポジット信号の 3 つのスイッチを設定できます。通常は全て ON にします。　L-R の差信号とコンポジットを OFF にするとモノラルになります。

2.6　TESTTONE　テストトーン設定

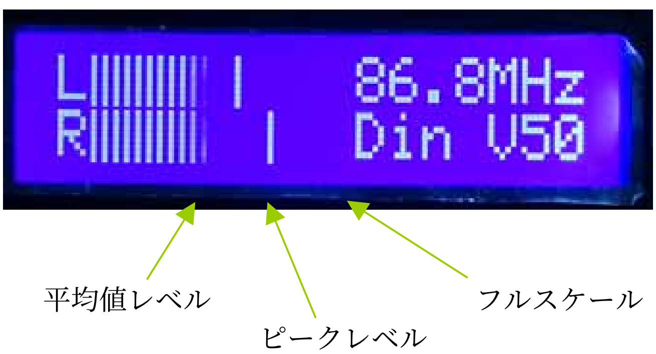
DSP 内部でテストトーンを生成します。生成したトーン信号は通常の音声の代わりにデジタルボリュームの前段に入力されます。その為テストトーンを ON すると入力された音声は MUTE されテストトーンに切り替わります。
周波数は 10Hz～20000Hz まで 10Hz ステップで変更できます。　またレベルは 0(VU)～-99(VU)まで変化できます。ただし-60(VU)以下は DSP 内部の演算誤差が大きくレベルは不正確になります。完全に MUTE したい場合は-97(VU)以下にすると出力が完全に”0”一定になります。

2.7　RF SWITCH 設定

RF 高周波出力を ON/OFF します。OFF 時の出力は-80dBm 以下になります。

2.8　BARGRAPH SCALE　設定

通常表示時に表示される変調度計の最大値を
設定します。
100% 110% 126% 150% 184% 200%から選べます。
また、本機では周波数変移±67.5KHz 時
100%変調としています。



2.9　ENHANCE SET

ENHANCE SET では空間系エフェクトと呼ばれるエコーを基本とした音声加工を行います。

2.9.1　Pseudo.st(擬似ステレオについて)

　図 2.9.1 に擬似ステレオ機能の基本ブロック図を示します。モノラル入力音声に遅延を与え、片方は引き算を、もう片方は足し算をするとモノラル音声がステレオっぽく聞こえるようになります。

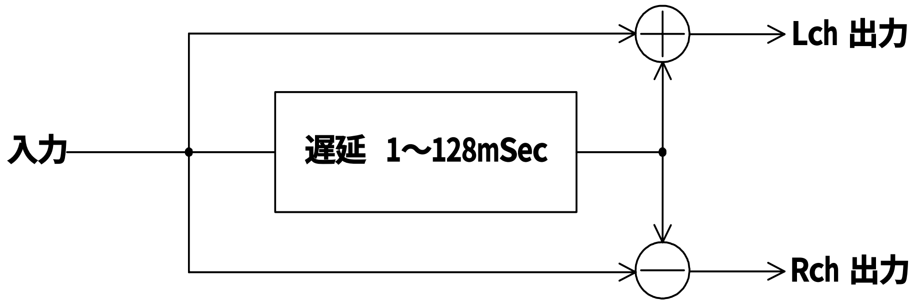


図 2.9.1　擬似ステレオ

本機ではこの機能にひねりを加え、低周波発振器(LFO)を使って遅延時間を周期的に変化させる機能を内蔵しています。一般にコーラスと呼ばれる機能？になります。

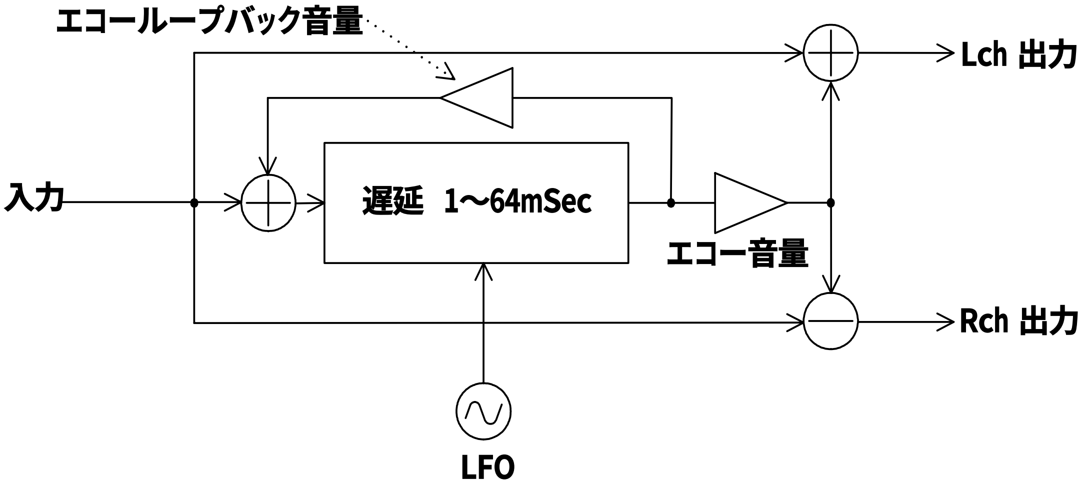
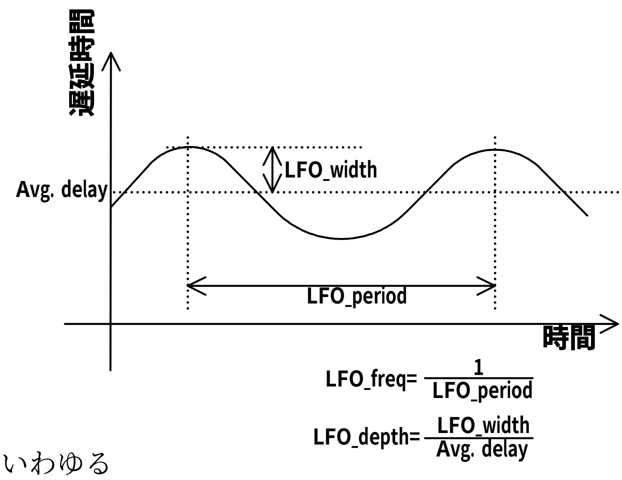


図 2.9.2　擬似ステレオ with コーラス

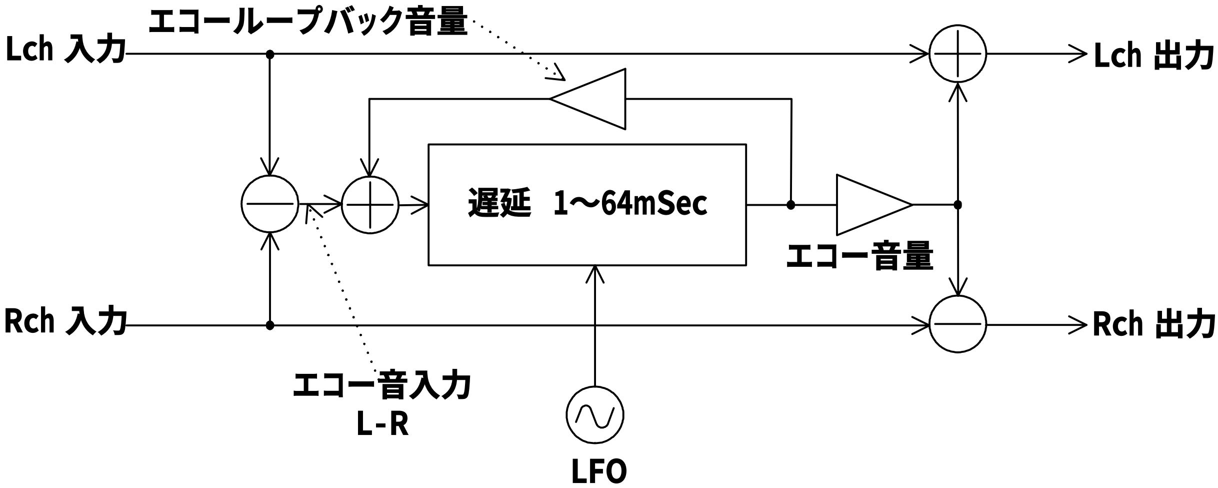
遅延時間の変化は右の表のように変化します。
平均遅延時間(Avg. delay)を DELAY TIME として設定し、平均遅延時間に対する遅延時間の振幅を LFO_depth として設定します。例えば
DELAY TIME=32mSec 、LFO_DEPTH=0.50 とすると遅延時間は 16msec〜48mSec まで変化します。



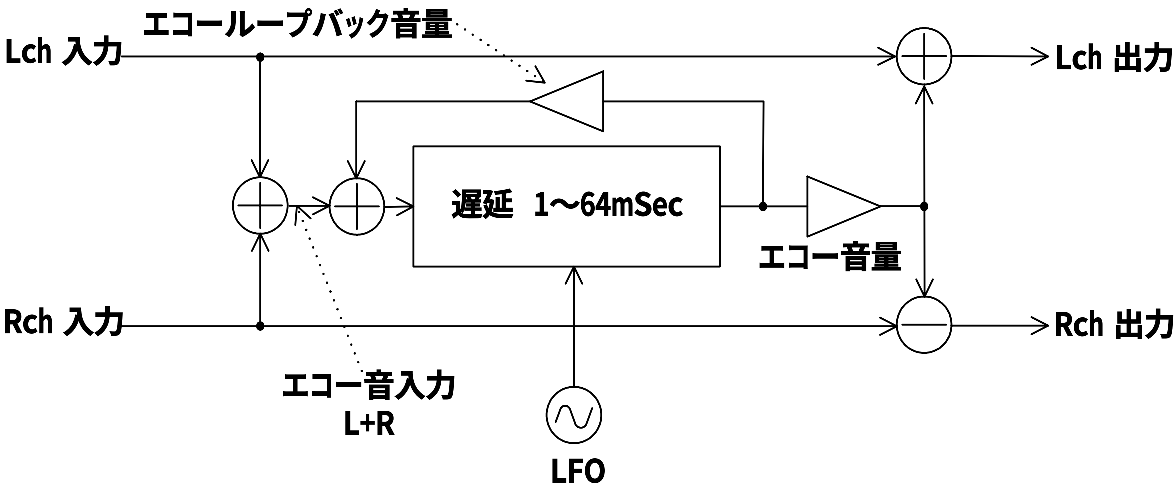
エコー音量は 0〜100%まで変化できます。通常は 100%に設定しておきます。
エコーループバック音量は-100〜100%まで変化できます。
マイナスの値にすると逆相がフィードバックされるので、いわゆるピンポンエコー「ピンポンディレイ」になります。

2.9.2　ステレオ拡張について

ステレオ拡張は先の擬似ステレオ機能に入力マトリクスを追加して、ステレオに対応した物です。
↓に模式図を示します。この図ではエコー音の入力を L-R の差分を入力しています。L-R には一般にステレオ成分が乗っているので、ステレオ音声が拡張された？(加工された？)ように聞こえます。



↓の図では L+R の和の成分をエコー音として入力しています。和の音声にはボーカルなど、モノラル成分が乗っているので、無理やりステレオ感が拡張された？ような音になります。



エコー音声の入力ソースは INPUT 項目より　Lch Rch L+Rch L-Rch より選択できます。

2.8 メニュー設定項目一覧表

大項目	小項目	意味	上限値	下限値	初期値	EEPROM	備考
Limitter set リミッター設定	EMPH.LIMIT.	過変調防止リミッター スイッチ	ON	OFF	OFF	○	
	GAIN	過変調防止リミッター 最大利得(dB)	20	-10	0	○	
	PEAK LEVEL	過変調防止リミッター 突発的大音響抑圧用リミッタ　最大変調度	200	0	150	○	
	AVE.LEVEL	過変調防止リミッター 平均音量追随 AGC 変調度	200	0	50	○	
	AVD.Att.t	過変調防止リミッター　平均音量追随 AGC 検出部アタックタイム (Sec)	9.9	0.1	0.2	○	
	AVD.Rel.t	過変調防止リミッター　平均音量追随 AGC 検出部リリースタイム (Sec)	9.9	0.1	3.0	○	
	PKD.Att.t	過変調防止リミッター　突発的大音響検出部アタックタイム (mSec)	9.98	0.02	0.02	○	
	PKD.Rel.t	過変調防止リミッター　突発的大音響検出部リリースタイム (mSec)	1	100	25	○	
Pilot setting パイロット調整	Pilot.LV.	パイロット信号レベル　変調度(%)	20.0	0.0	10.0	○	
	Pilot Pha.	パイロット信号位相　360/3456=0.10416 度ステップで設定	100	-100	0	○	
Sub Level.		L－R 差信号利得調整 32768 設定時 利得 1(0dB)　65535 設定時 利得 2(6.02dB)	65535	0	32768	○	
MPX SWITCH	MPX L+R	L+R 和信号出力スイッチ	ON	OFF	ON	○	
	MPX L-R	L－R 差信号出力スイッチ	ON	OFF	ON	○	
	MPX Pilot	パイロット信号　出力スイッチ	ON	OFF	ON	○	
TEST TONE テストトーン	TEST TONE	テストトーン出力 ON/OFF	ON	OFF	OFF	×	
	L　???? Hz	Lch(左)　周波数　10Hz ステップ	20000	10	1000	×	
	R　???? Hz	Rch(右)　周波数　10Hz ステップ	20000	10	1000	×	
	L　-??　VU	Lch(左)　音声レベル　プリエンファシス前の入力レベル	0	－99	－1	×	
	R　-??　VU	Rch(右)　音声レベル　プリエンファシス前の入力レベル	0	－99	－1	×	
RF SWITCH		RF 出力 ON/OFF	ON	OFF	ON	○	
BARGRAPH SCALE		変調度計バーグラフ　フルスケール時の値設定 100% 114% 126% 150% 184% 200%から選択	200	100	200	○	

EEPROM は　SAVE MEMORY により不揮発メモリーに保存される項目の有無を示します。

大項目	小項目	意味	上限値	下限値	初期値	EEPROM	備考
ENHANCE SET	Pseudo. St.	擬似ステレオ ON/OFF　↓のステレオ拡張と排他	ON	OFF	OFF	◯	
	ST. ENHANCE	ステレオ拡張　ON/OFF　↑の擬似ステレオと排他	ON	OFF	OFF	◯	
	INPUT	エコー音声入力ソース設定　Lch　Rch　L+Rch　L-RCH から設定	Lch	L－Rch	L－Rch	◯	
	DELAY TIME	エコー音声 平均遅延時間　(mSec)	0	64	32	◯	
	LFO FREQ	エコー音声 遅延時間変調用低周波発振器　周波数(Hz)	0.0	50.0	0.8	◯	
	LFO DEPTH	エコー音声 遅延時間変調用低周波発振器　AM 変調度(%)	0	100	0	◯	
	DELAY VOL	エコー音声 音量(%)	100	0	100	◯	
	LOOP VOL	エコー音声 ループバック音量(%)	100	－100	0	◯	

クイックメニュー設定項目一覧表

項目	意味	上限値	下限値	初期値	EEPROM	備考
送信周波数	送信周波数設定　単位は MHz	90.0	76.0	83.7	◯	
入力種別	アナログ SPDIF USB 入力選択	USB	アナログ	アナログ	◯	
デジタルボリューム	音声入力部デジタルボリューム　0.5dB ステップ　“50” 設定時 0dB(スルー)	99	0	50	◯	
バーグラフ種類	バーグラフの種類選択	1	0	0	◯	

EEPROM は　SAVE MEMORY により不揮発メモリーに保存される項目の有無を示します。

3 内部調整法

本機は 4 箇所調整するポイントがあります。１つ目はパイロット信号及び AD コンバータサンプリング周波数を決める発振器の周波数、２つ目は液晶のコントラスト調整です、3 つ目は送信周波数微調整、4 つ目は変調度調整です。通常調整する必要はありませんが、液晶が見にくい、またはパイロット信号の周波数がずれている、または送信周波数がずれているなどの症状が出た場合、下記の方法に従って調整してみて下さい。

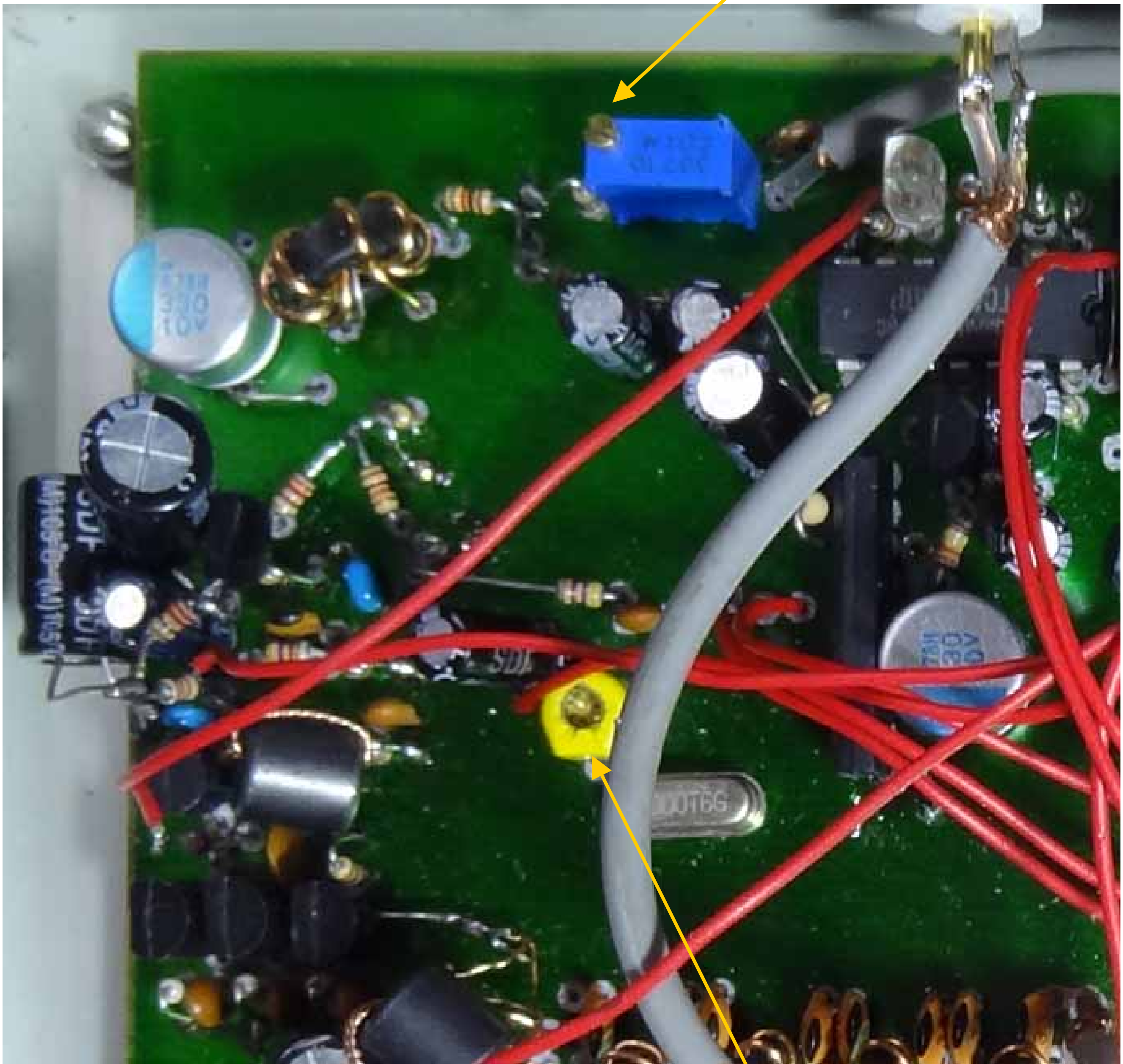
アルミケースの上蓋を止めている 4 つのネジを外すと、下図 1 のようにケース内部が見られる状態になります。



図 3.1　ケース内部概観

各部調整ポイント詳細

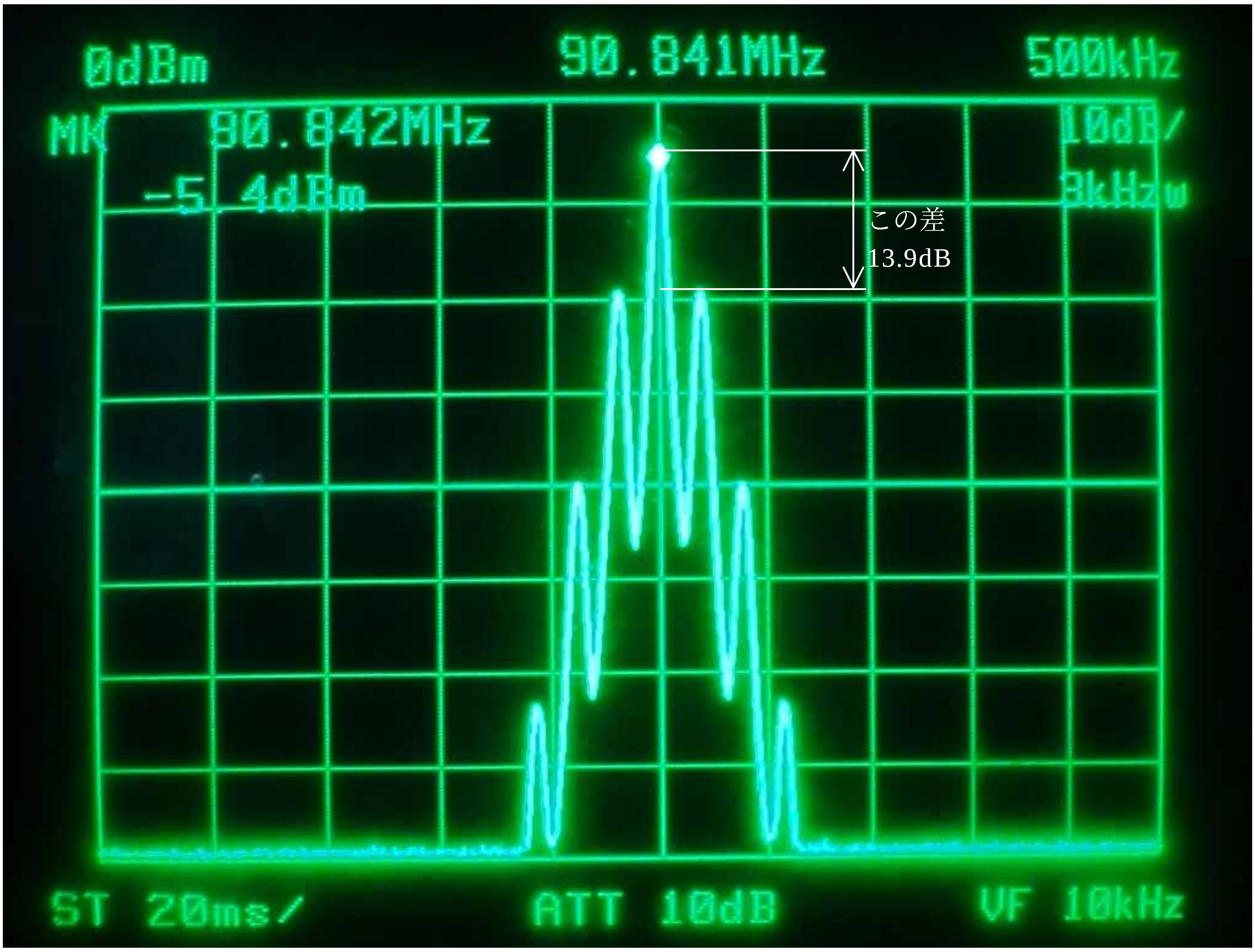
変調度調整



送信周波数
調整ポイント

送信周波数調整···· RF 高周波出力に周波数カウンターを接続します。適当な送信周波数に設定し 1 分程度待って PLL が落ち着くのを待ちます。
周波数カウンターの数値が所定の送信周波数となるよう調整します。

変調度調整　···· 変調度調整はスペアナもしくは変調度計が無いと正確に合わせ込みが出来ません。
上記測定器が無い場合、むやみに調整すると··ぁ orz　お気をつけの程を。
次頁にスペアナを用いた変調度調整法を示します。



パイロット信号が 10%出力となるように PILOT SETTING にて設定しておきます。
次に音声無入力状態で適当な周波数で送信して、パイロットトーンのみ変調された FM スペクトラムを観察します(上の図参照)。
キャリア(中央部の山)に対して 1 つ目の変調信号がキャリアに対して 13.9dB 低いレベルになるよう調整します。
これでパイロット信号が周波数変移 7.5KHz となります。



液晶コントラスト調整‥‥この半固定抵抗を回すと液晶のコントラストが変えられます。時計回りで薄く、反時計回りで濃くなります。

内部発振周波数調整　‥‥内部で生成している 24.576MHz の発振周波数を調整します。内部発振回路確認ポイント①で 24.576MHz になるよう調整するか、また内部発振回路確認ポイント②で 3.072MHz になるよう調整します。どちらの確認ポイントを使っても構 いません。
この発振回路からパイロットトーン 19KHz と L-R 副搬送波周波数 38KHz、A/D コンバータサンプリング周波数 48KHz ならびに 192KHz を生成しているので、なるべく十数 ppm 以内に調整した方がよいと思われます。
法律上でのパイロットトーン周波数許容範囲は 19KHz±2Hz となっています。

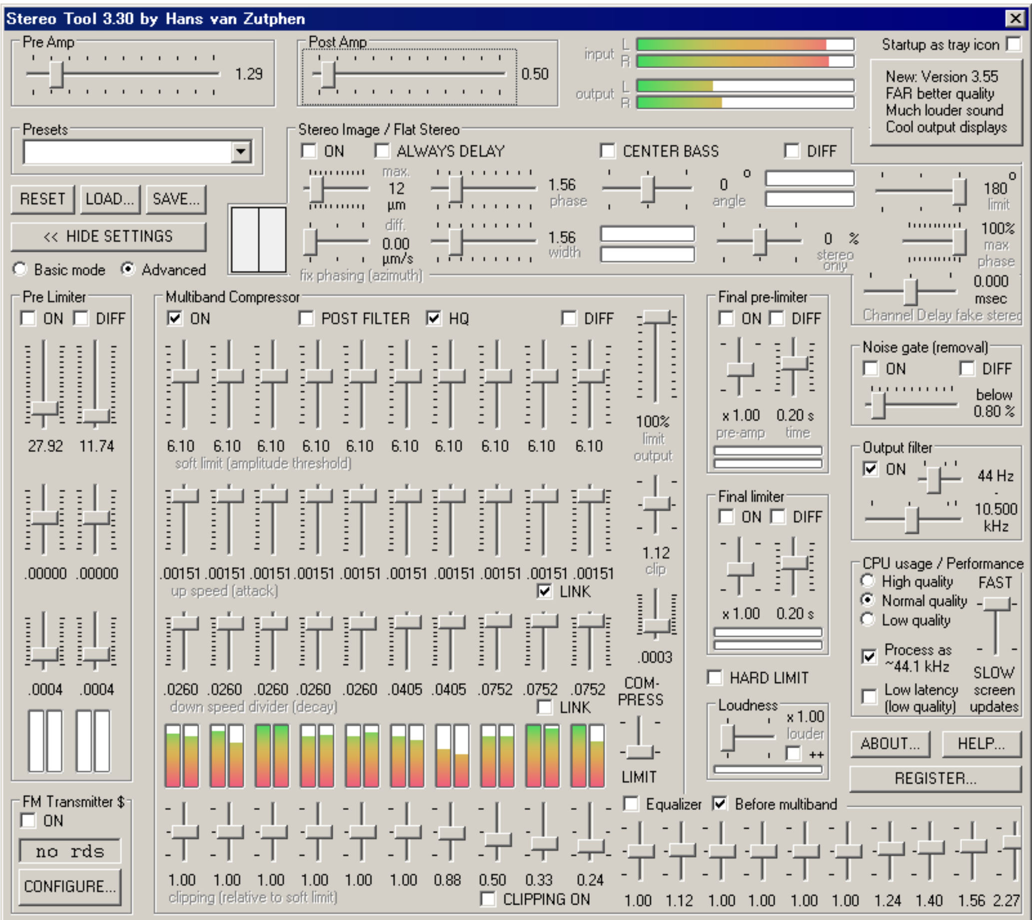
4 音声入力レベル管理の難しさについて

本 FM ステレオトランスミッタを使用すると、既存の FM 放送局と比べ受信音量が小さく感じると思います。これは本トランスミッタが故障している訳ではなく、既存の FM 放送が optimod-FM などの専用機器を用いて、常時大きな音が出るように、また明瞭感のある音声になるように音声レベル調整している為です。なので既存 FM 局に負けじとボリュームを上げて音量を稼ごうとすると往々にして 100%以上の過変調になります。

ボリュームを上げ、変調度を 150%程度にしても FM ラジオの IF フィルタや復調器の性能に余裕があるため問題が起きる事は少ないです。しかし、隣接する FM 放送局に妨害を与えたり、IF フィルタの帯域限界に近い動作になる為、歪が増えるなど弊害も多いです。

本機も過変調リミッターを内蔵しそれなりの効果がありますが、放送用機器や音響用機器のなどの専用機器には全く敵いません。optimod-FM や omnia FM を買えば上記問題は解決できますが、新車が買える程の価格(100 万～)のため、相当な覚悟が必要になります。optimod 程ではありませんが、Triple-C というマルチバンドリミッタでも同じような効果が得られ、2 万円程度(ヤフオク価格)とリーズナブルな価格なのでこれを使う手もあります。

パソコンが音源の場合、有志の手で optimod に似たような機能を有するソフトが作られています。良く使われるのは Multimax、stereo-tool などです。
以下一例ですが stereo-tool 動作時の画面を挙げます。

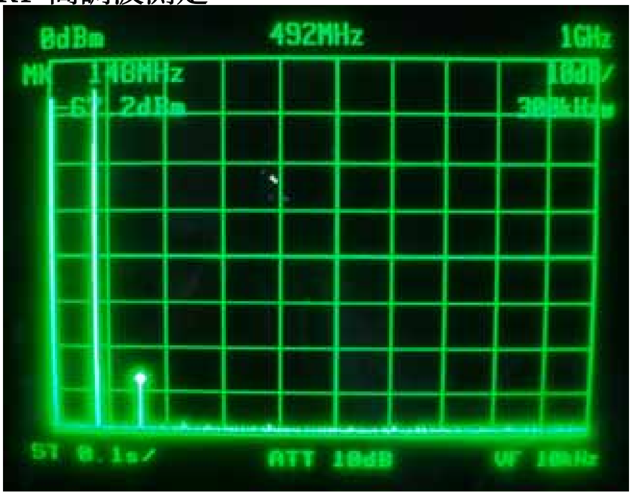


5　仕様

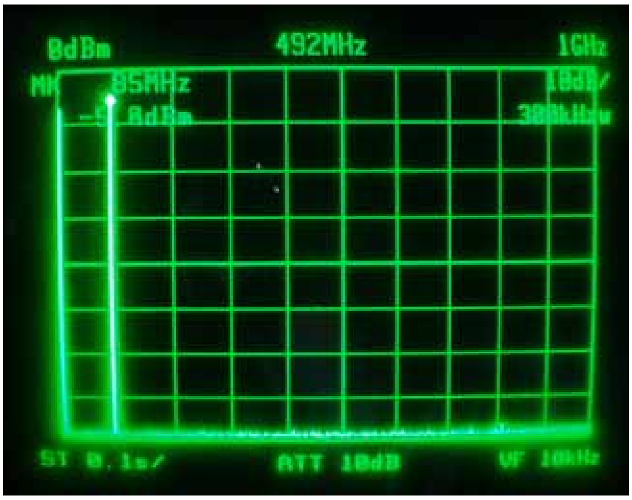
項目	項目／条件			値
外形寸法	ケースはタカチ YM-180 使用		高さ	47mm(ゴム足も含む)
			幅	180mm
			奥行	130mm
質量	本体のみ			400g
消費電流	付属 AC アダプタ(12V)を接続して測定			0.5A(typ)　0.65A(max)
高周波出力	出力端子			BNC(50Ω)
	高調波 及び不要輻射 50Ω終端時		76.0MHz	－60dBc 以下
			90.0MHz	－60dBc 以下
	出力			要相談　現状－46.0dBm
	周波数設定範囲			76.0MHz～90.0KHz 0.1MHz step
音声入力	アナログ入力	入力端子		RCA ジャック 白…左入力　赤…右入力 最大入力 3.0Vp-p
		インピーダンス		22kΩ
		感度(100%変調)1KHz Vol 設定値 50 の時		-6.5dBV(1.338Vp-p)
		周波数特性 (1KHz 比)	2Hz	－3dB(HPF カットオフ周波数)
			16.1KHz	－3dB(LPF カットオフ周波数)
			19KHz	－78dB(デジタルフィルタ設計値)
	デジタル SPDIF 入力	入力端子		Toslink 角型
		入力サンプリング周波数範囲		8KHz～192KHz
		感度(100%変調)1KHz Vol 設定値 50 の時		0.4465Fs(-6dBFs)
		周波数特性 (1KHz 比)	0.22Hz	－3dB(HPF カットオフ周波数)
			16.1KHz	－3dB(LPF カットオフ周波数)
			19KHz	－78dB(デジタルフィルタ設計値)
	デジタル USB 入力	入力端子		USB 角型
		入力電流		100mA(max)
		入力サンプリング周波数範囲		32 kHz、44.1 kHz、48kHz
		感度(100%変調)1KHz Vol 設定値 50 の時		0.4465Fs(-6dBFs)
		周波数特性 (1KHz 比)	0.22Hz	－3dB(HPF カットオフ周波数)
			16.1KHz	－3dB(LPF カットオフ周波数)
			19KHz	－78dB(デジタルフィルタ設計値)
FM 変調特性	S/N 比　ステレオ時 20～15KHz 帯域にて 1KHz 100%変調に対して		76MHz	フラット 71 以上　　A 特 74 以上
			83MHz	
			90MHz	
	高調波歪率 1KHz 100%変調時		76MHz	0.01%以下
			83MHz	
			90MHz	

6　測定値

RF 高調波測定

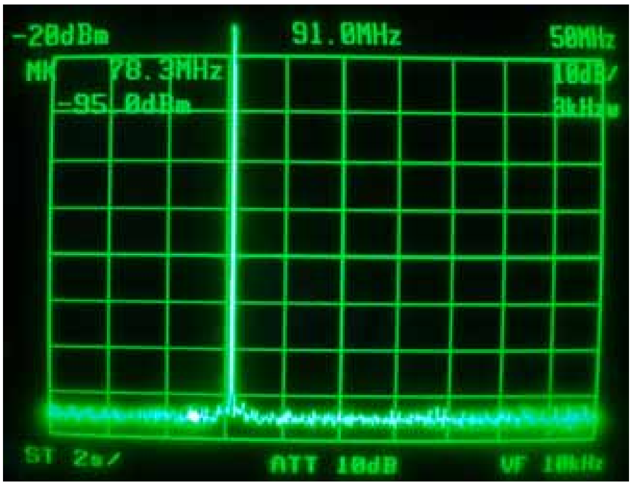


76.0MHz 設定時
縦軸 10dB/div　横軸 100MHz/div
左端 0MHz　-62dBc の 2 次高調波

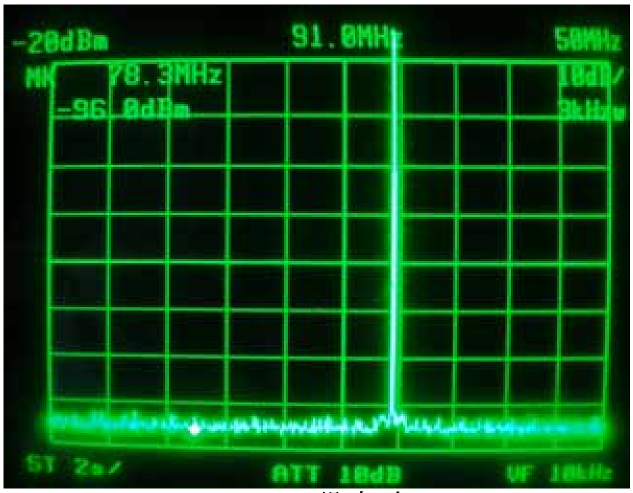


90.0MHz 設定時
縦軸 10dB/div　横軸 100MHz/div
左端 0MHz　高調波-75dBc 以下

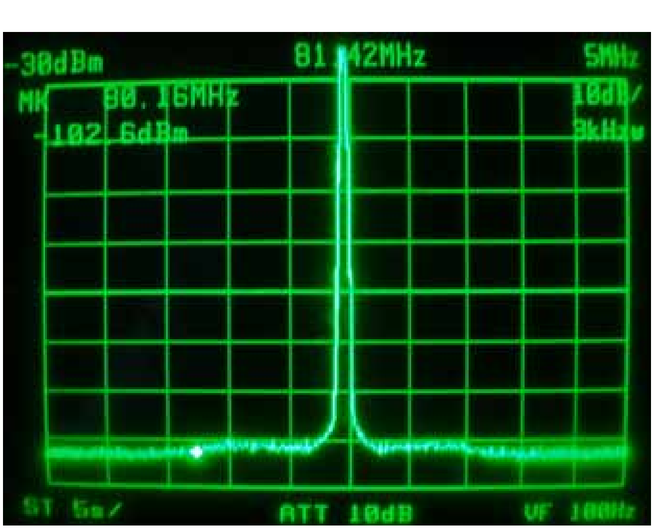
RF インバンドスプリアス測定



76.0MHz 設定時
縦軸 10dB/div　横軸 20MHz/div
左端 0MHz　スプリアス-90dBc 以下



90.0MHz 設定時
縦軸 10dB/div　横軸 20MHz/div
左端 0MHz　スプリアス-90dBc 以下

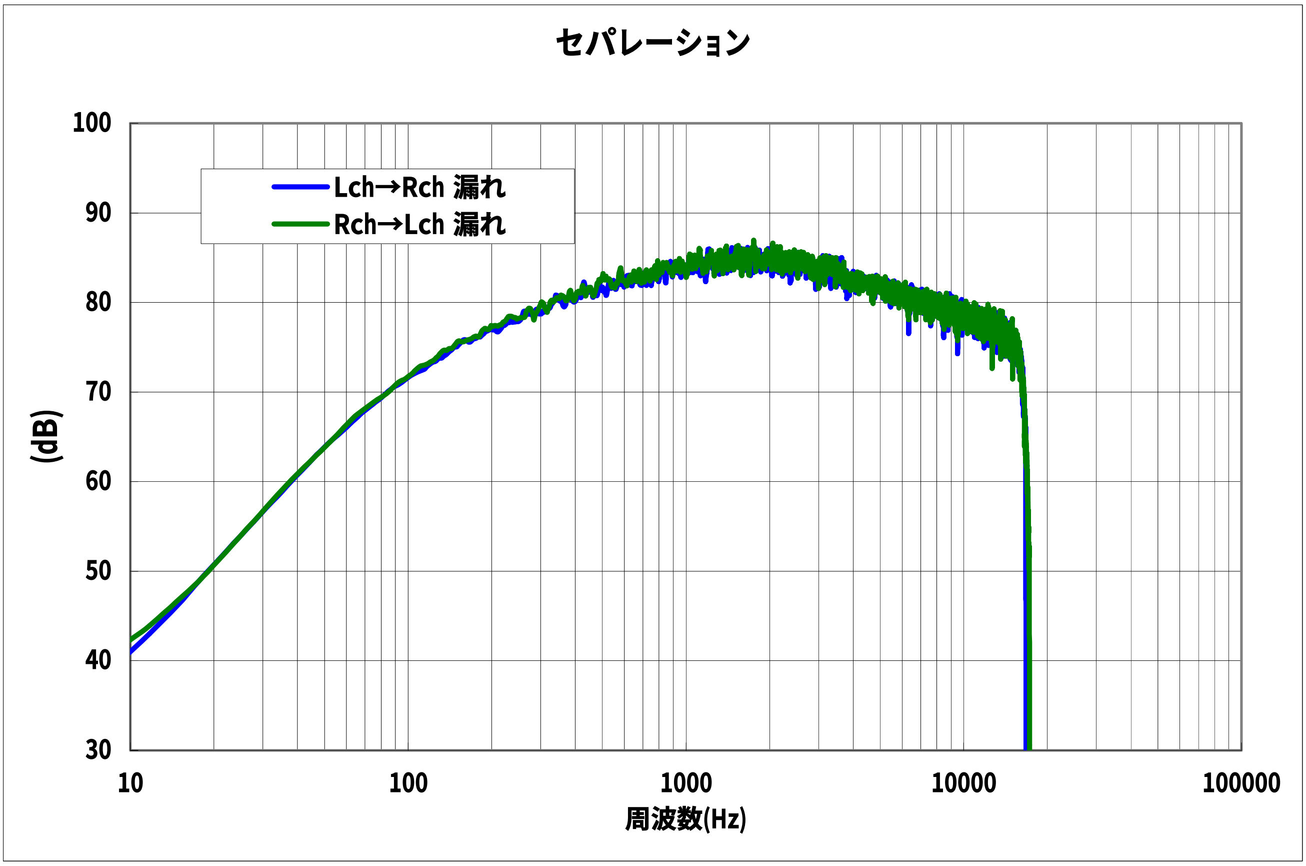


←キャリア付近詳細

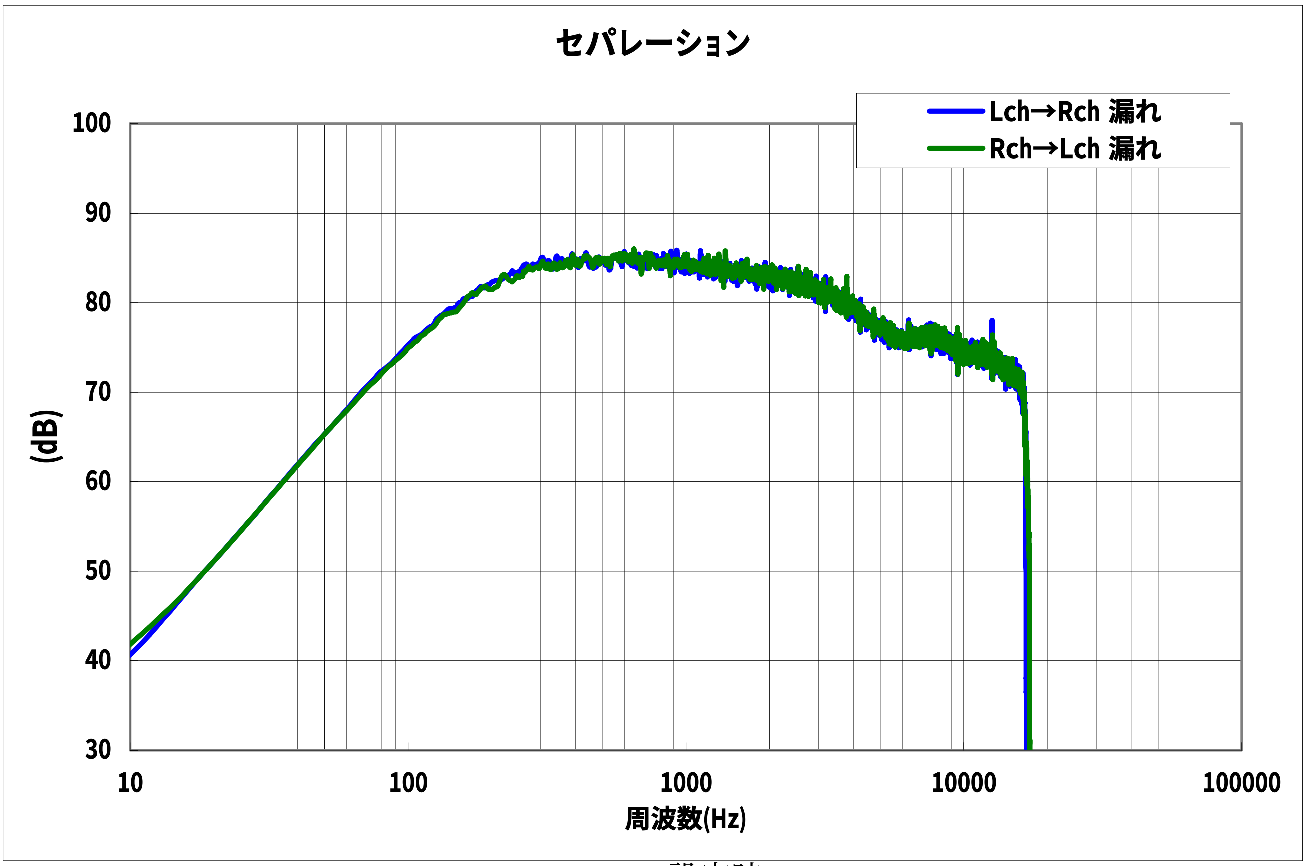
76.0MHz 設定時
縦軸 10dB/div　横軸 0.5MHz/div
キャリア±1MHz 以内のノイズレベルが少し高い

スペアナ BW=3KHz 時で-97dBc 程度

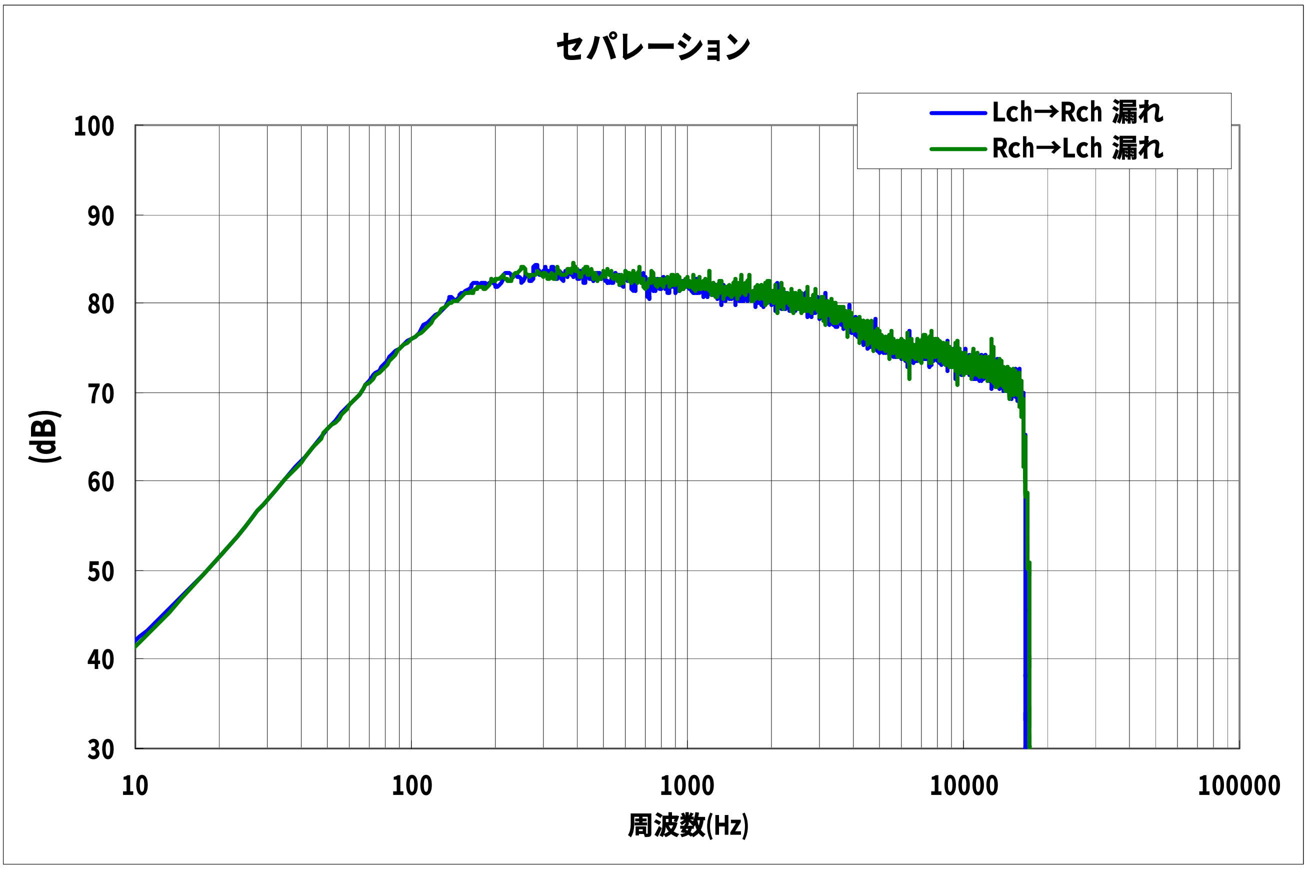
セパレーション測定結果　100%変調になるよう入力レベルを調整して測定



76.0MHz 設定時



83.0MHz 設定時



90.0MHz 設定時

高調波歪率(%)　各周波数ごと代表値

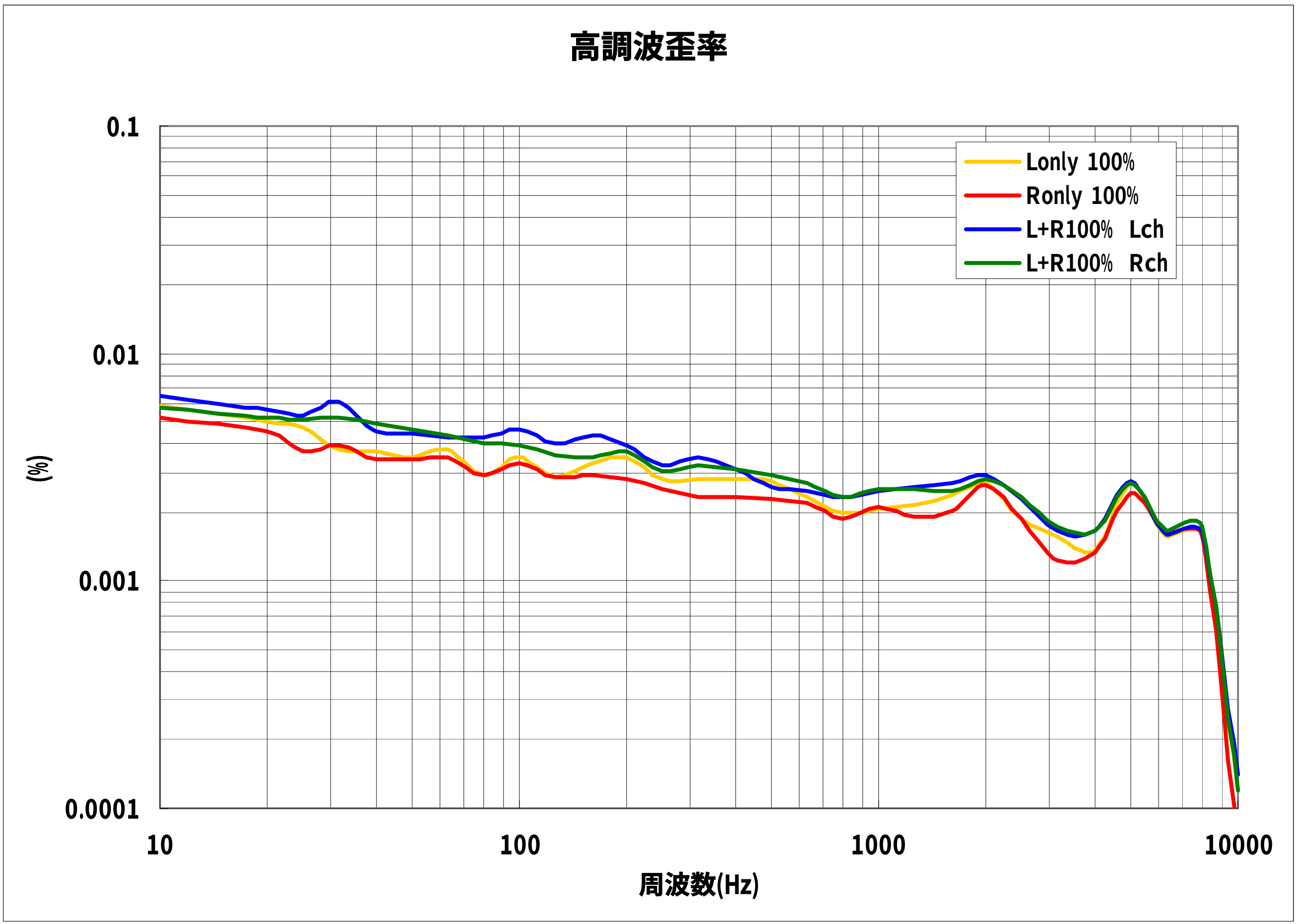
音声周波数	送信周波数	Lch only 100%変調	Rch only 100%変調	L,R 100%変調
100Hz	76MHz	0.00660	0.00675	0.00672
	83MHz	0.00351	0.00330	0.00464
	90MHz	0.00420	0.00286	0.00455
1KHz	76MHz	0.00516	0.00496	0.00523
	83MHz	0.00206	0.00210	0.00255
	90MHz	0.00265	0.00185	0.00277
8KHz	76MHz	0.00335	0.00326	0.00360
	83MHz	0.00161	0.00157	0.00173
	90MHz	0.00193	0.00176	0.00167

高調波歪率(%)　　83.0MHz 固定

周波数 (Hz)	L only	R only	Lch Rch 100%入力	
	L 歪率	R 歪率	L 歪率	R 歪率
10	0.00585	0.0052	0.00651	0.00583
20	0.00503	0.00451	0.00570	0.00519
25	0.00472	0.00375	0.00533	0.00515
31.5	0.0038	0.00395	0.00611	0.00525
40	0.00374	0.00341	0.00452	0.00496
50	0.00347	0.00345	0.00446	0.00463
63	0.00381	0.00353	0.00425	0.00434
80	0.00290	0.00294	0.00429	0.00401
100	0.00351	0.00330	0.00464	0.00398
125	0.00285	0.00284	0.00402	0.00360
160	0.00326	0.00291	0.00435	0.00351
200	0.00347	0.00281	0.00391	0.00368
250	0.00282	0.00254	0.00323	0.00302
315	0.00278	0.00236	0.00349	0.00325
400	0.00282	0.00233	0.00311	0.00313
500	0.00274	0.00231	0.00258	0.00290
630	0.00236	0.00222	0.00251	0.00271
800	0.00199	0.00187	0.00236	0.00233
1000	0.00206	0.00210	0.00247	0.00255
1250	0.00215	0.00193	0.00257	0.00253
1600	0.00239	0.00204	0.00268	0.00248
2000	0.00268	0.00266	0.00294	0.00282
2500	0.00188	0.00188	0.00230	0.00233
3150	0.00157	0.00124	0.00167	0.00173
4000	0.00136	0.00133	0.00165	0.00166
5000	0.00271	0.00242	0.00275	0.00272
6300	0.00156	0.00162	0.00161	0.00166
8000	0.00161	0.00157	0.00163	0.00173
10000	0.00012	0.00007	0.00014	0.00012
12500	?	?	?	?
16000	?	?	?	?

L only　　　　　　　・・・・Lch のみ 100%変調相当の音声を入力する
R only　　　　　　　・・・・Rch のみ 100%変調相当の音声を入力する
L ch Rch 100%入力 ・・・・Lch Rch 双方に 100%変調相当の音声を入力する

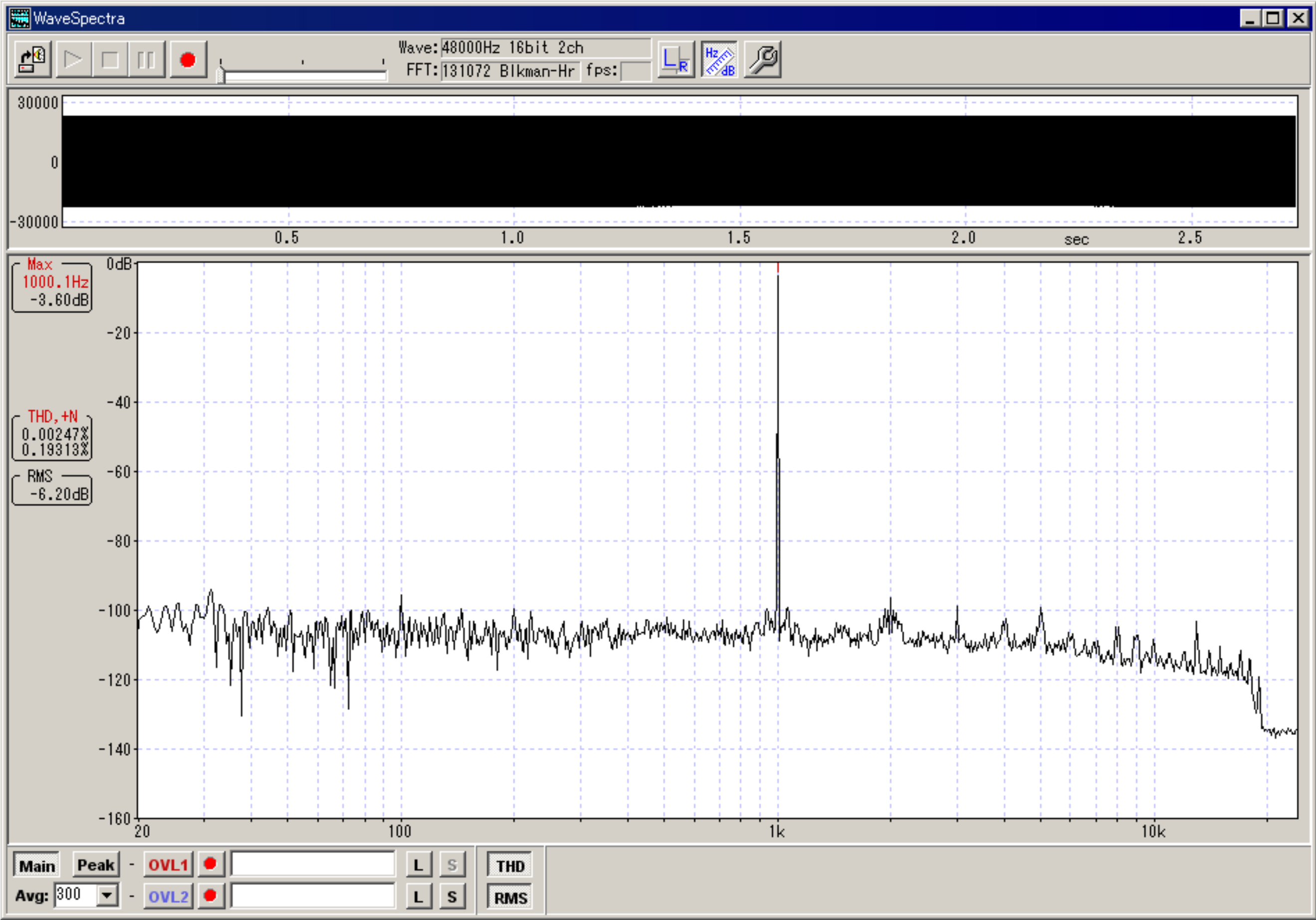
FPGA-FM で受信した音声を PC で FFT 解析(wave spectra)して歪率を求める。
グラフは次頁に記載



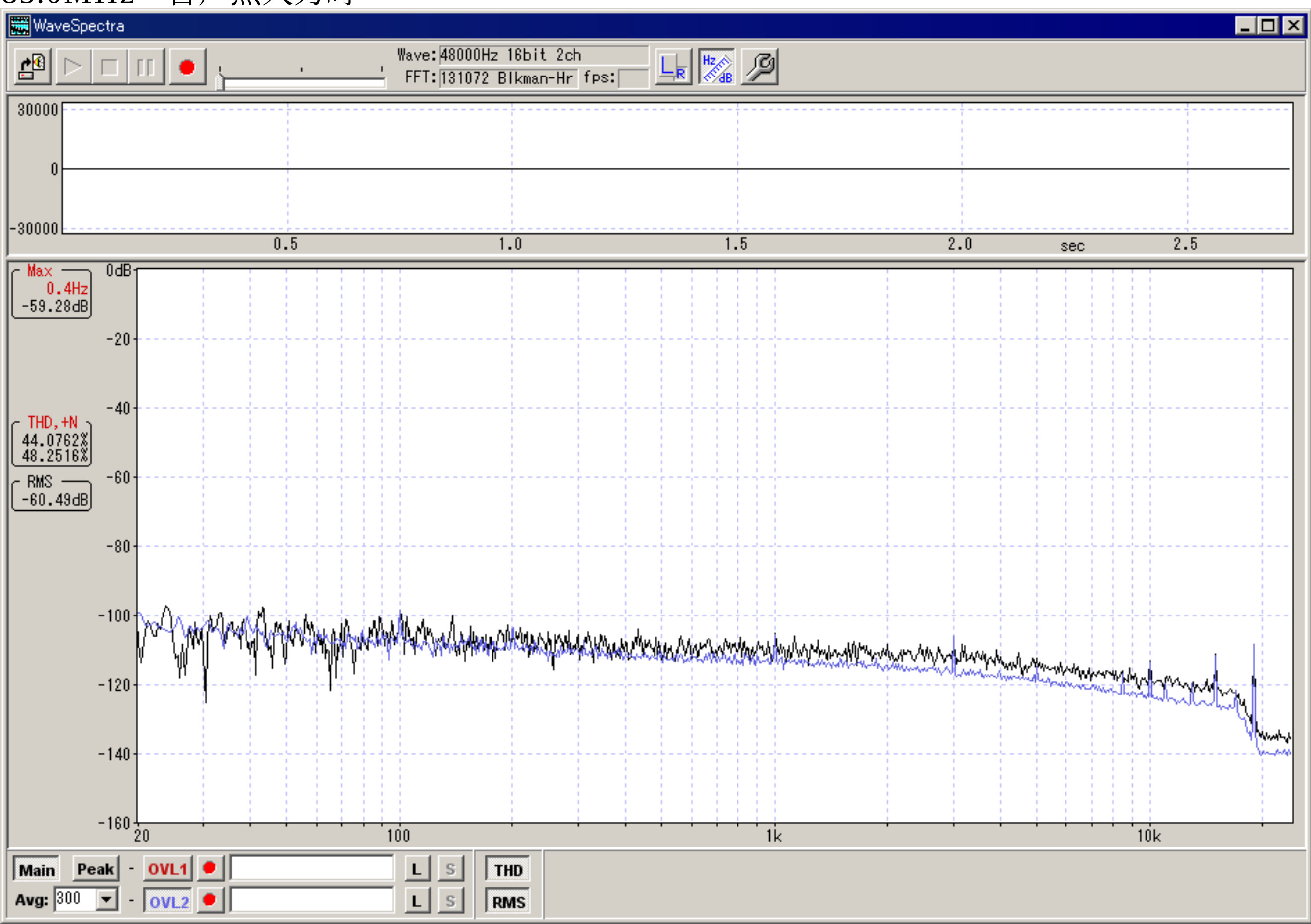
S/N　帯域 15Hz～15KHz 内で測定 1KHz 100%変調音声を入力して無入力時と RMS レベルで比較

		フラット(dB)	A 特 (dBA)
1KHz	76MHz	71.91	74.5
	83MHz	73.84	75.56
	90MHz	74.17	75.75

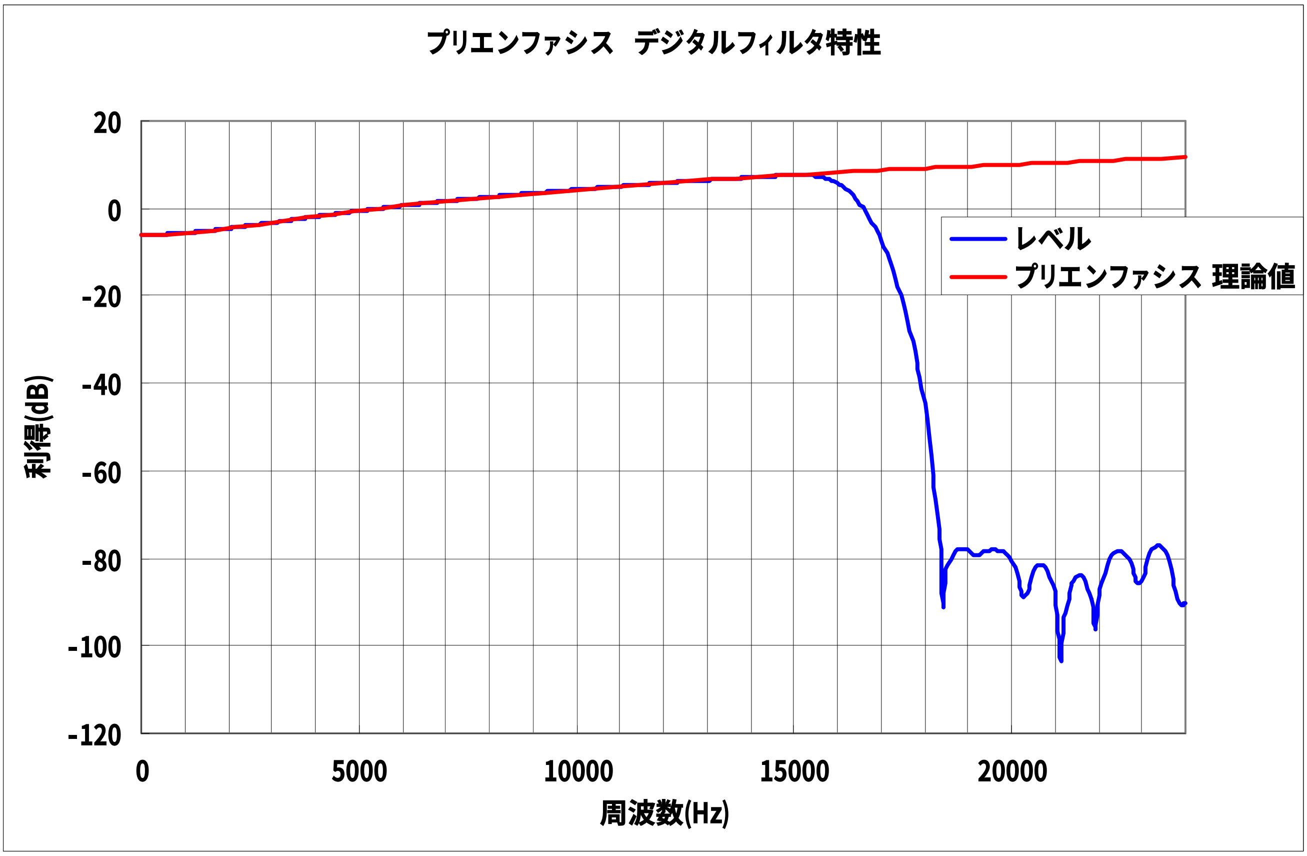
代表値　83.0MHz　Lch Rch ともに 100%変調レベル入力



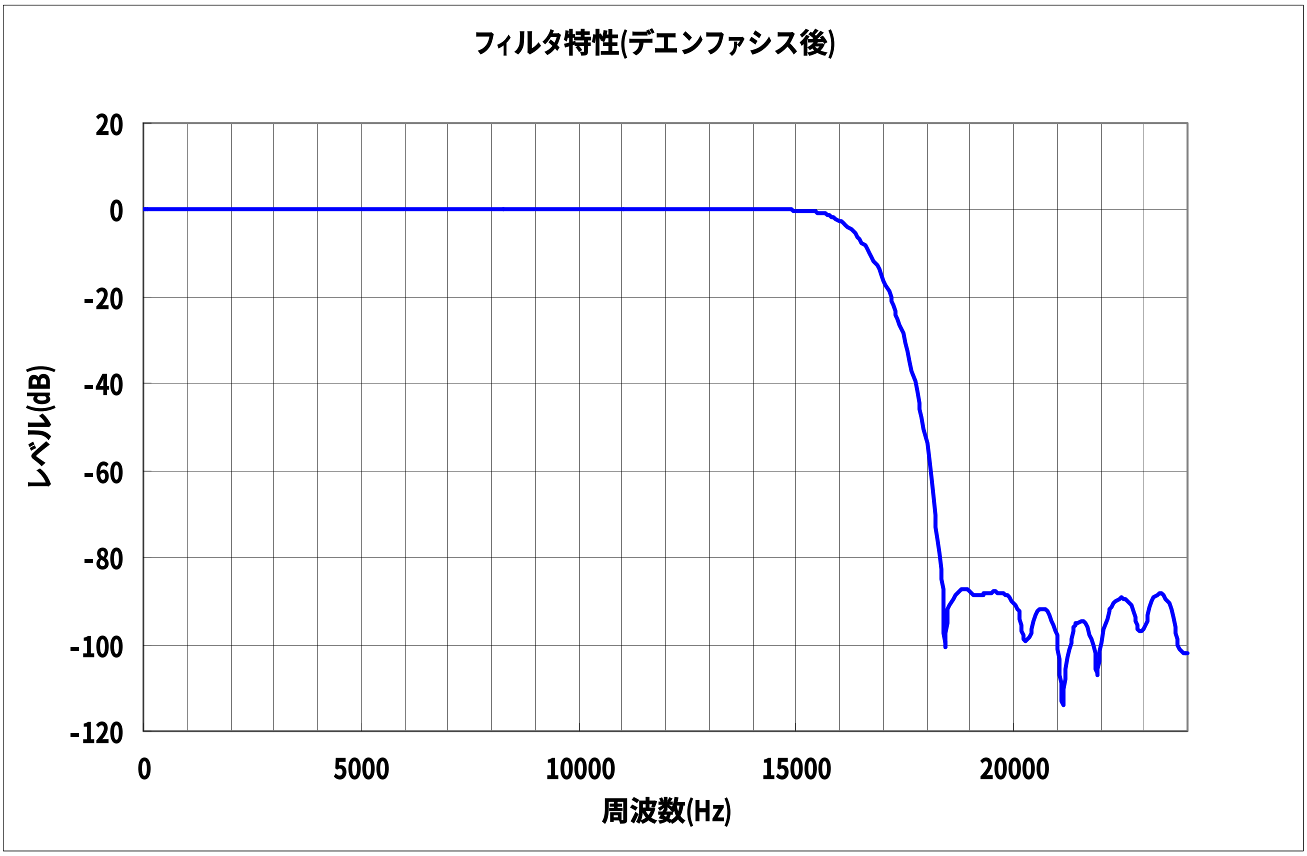
83.0MHz　音声無入力時



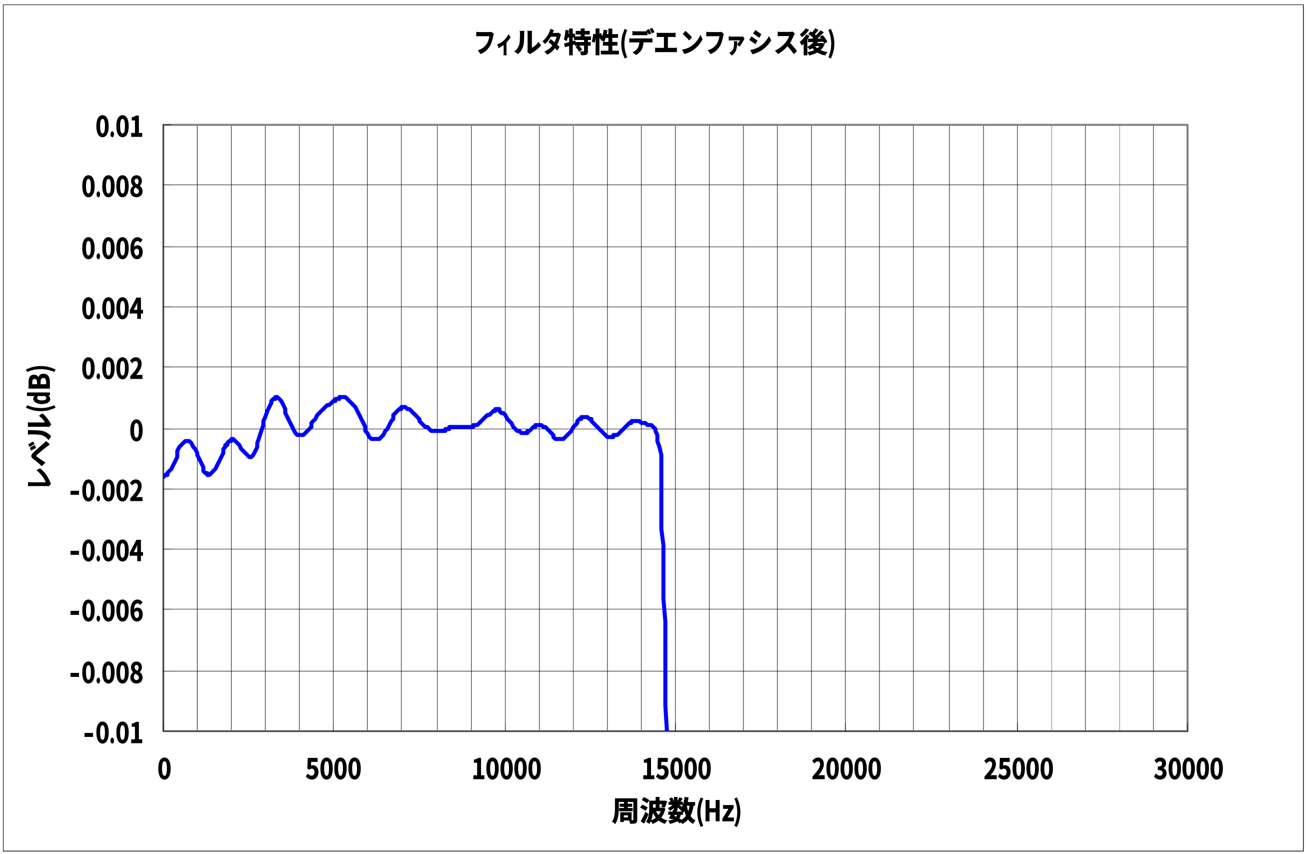
内部デジタルフィルタ特性(設計値)　　デジタルフィルタ初段　プリエンファシス内臓 16KHzLPF 部



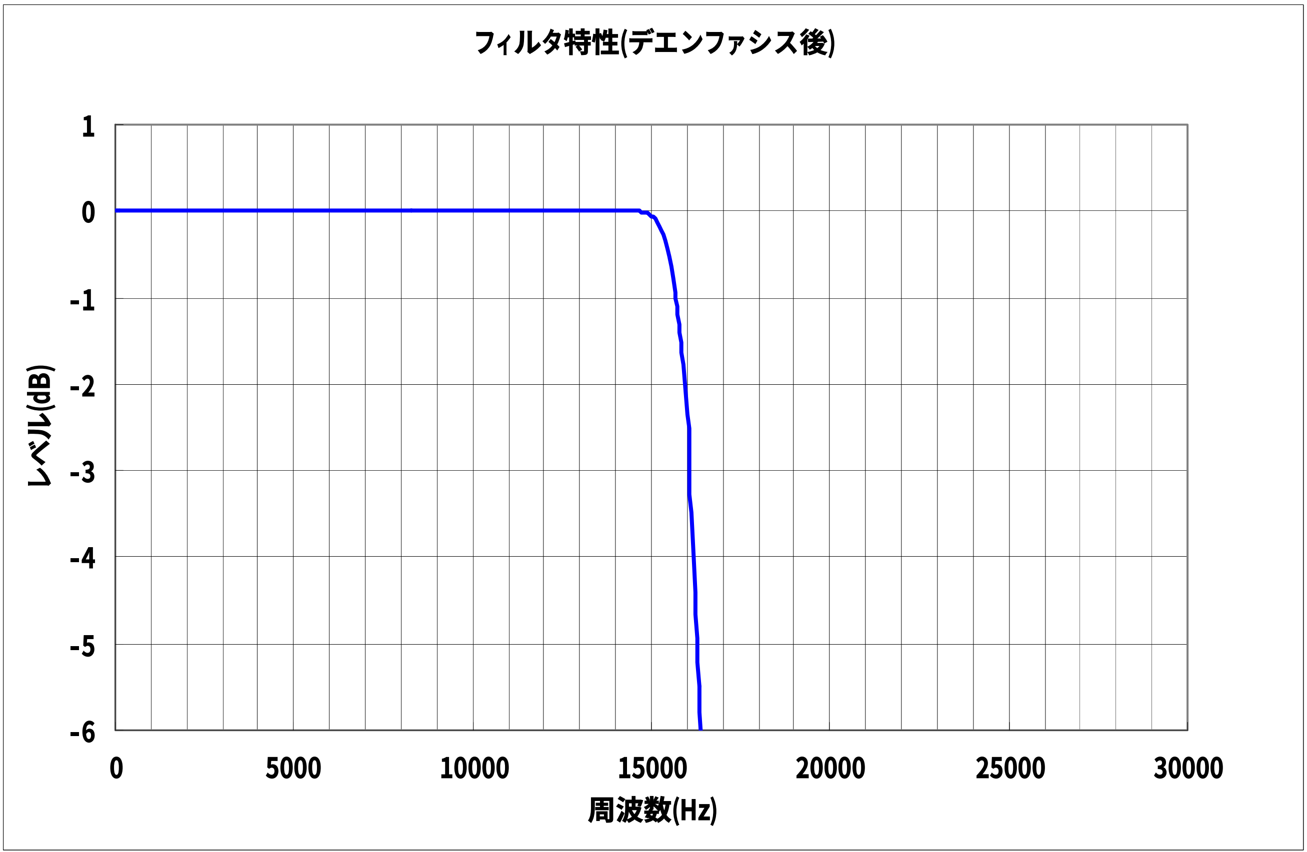
0～24KHz



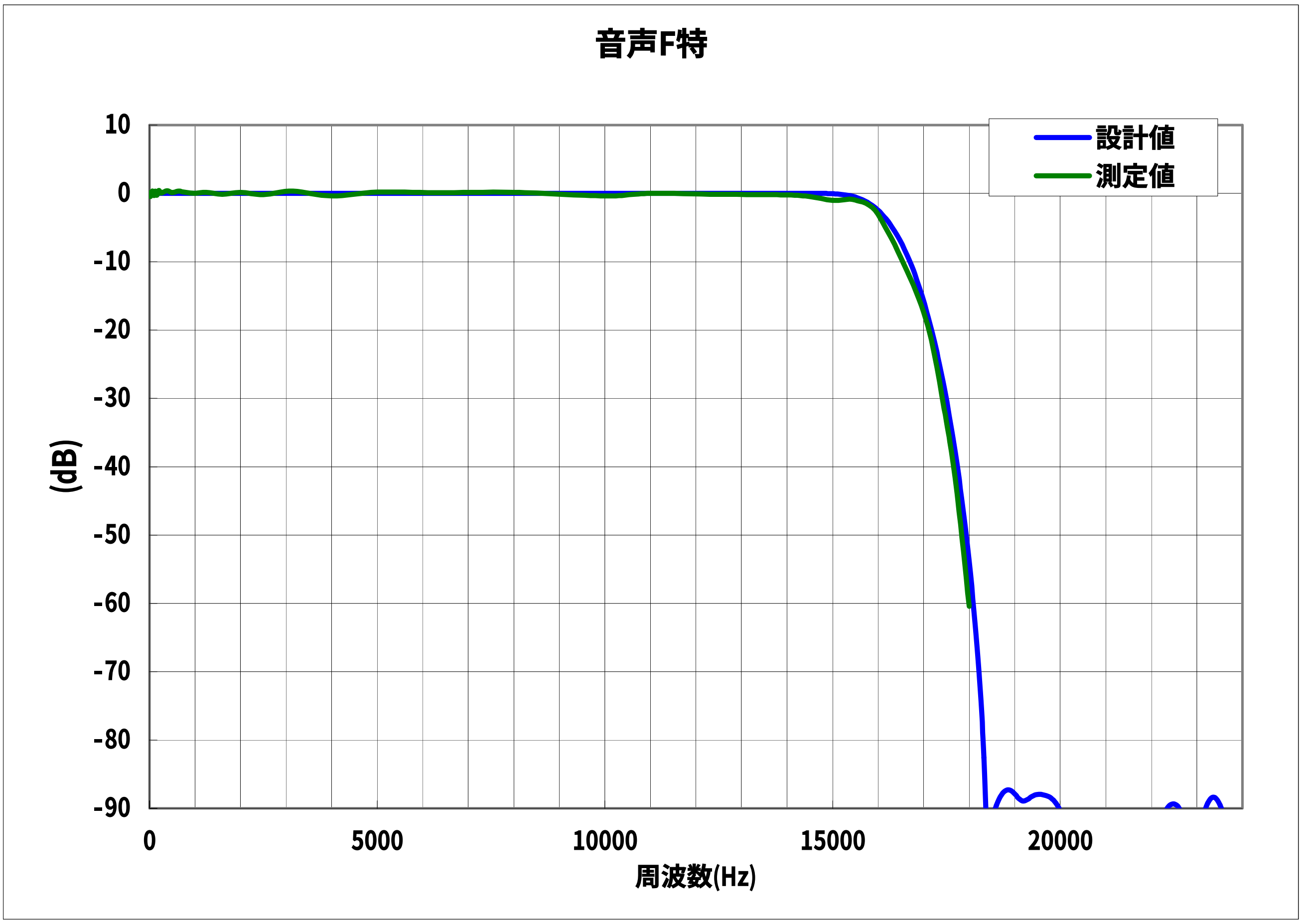
上記フィルターをデエンファシスした後の周波数特性



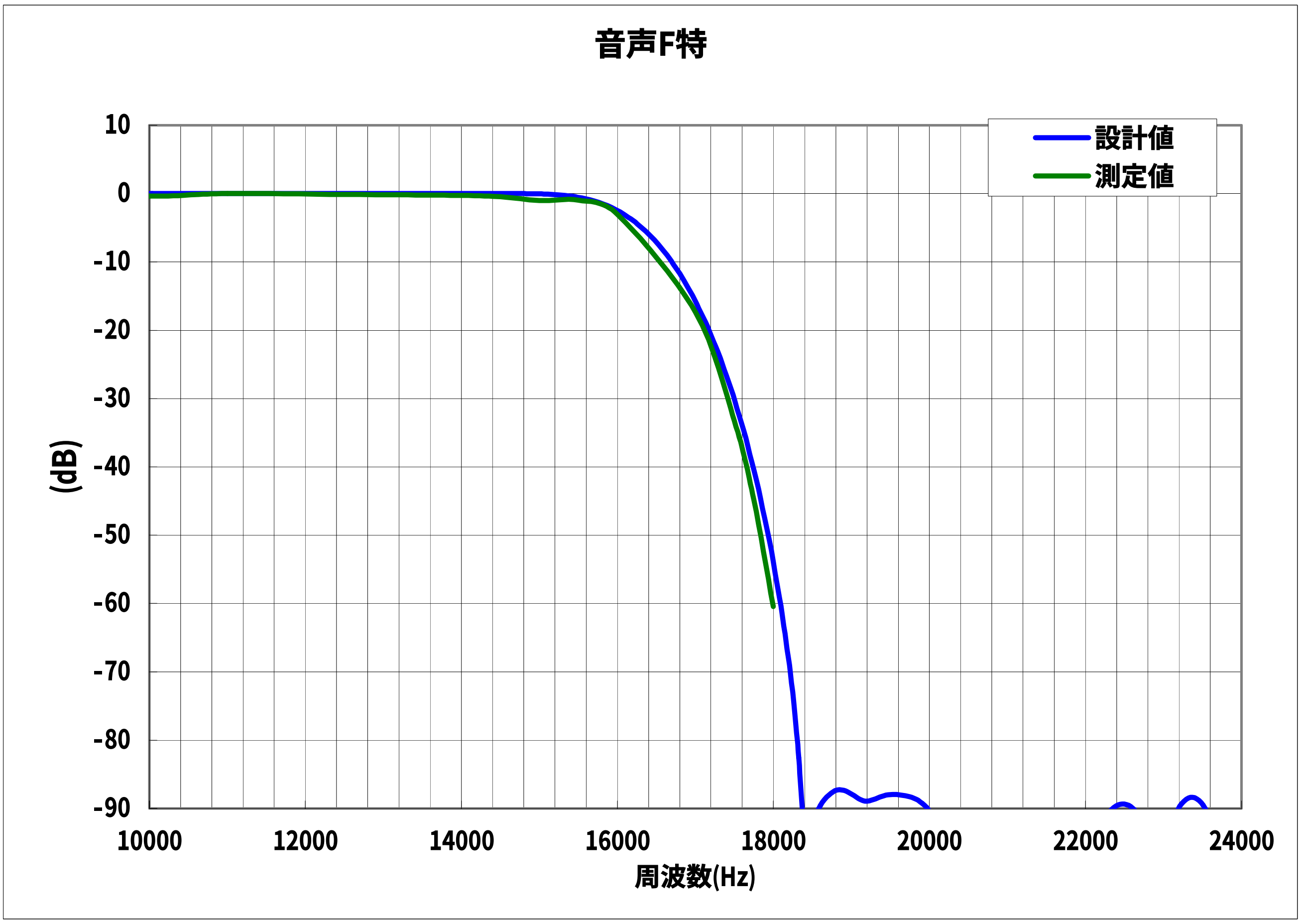
デエンファシスした後の周波数特性　通過域拡大



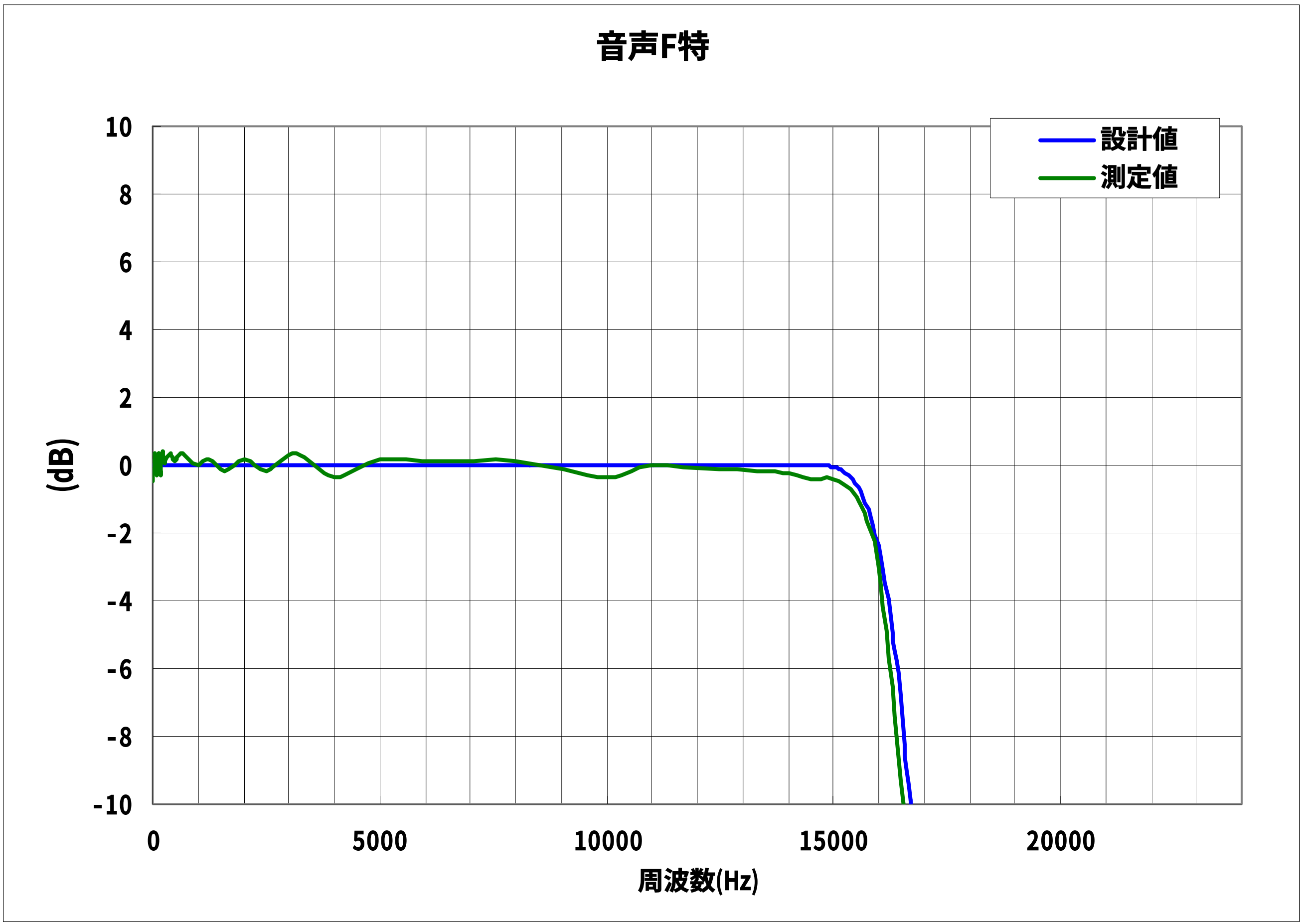
デエンファシスした後の周波数特性　通過域拡大　–3dB となる周波数は約 16.1KHz



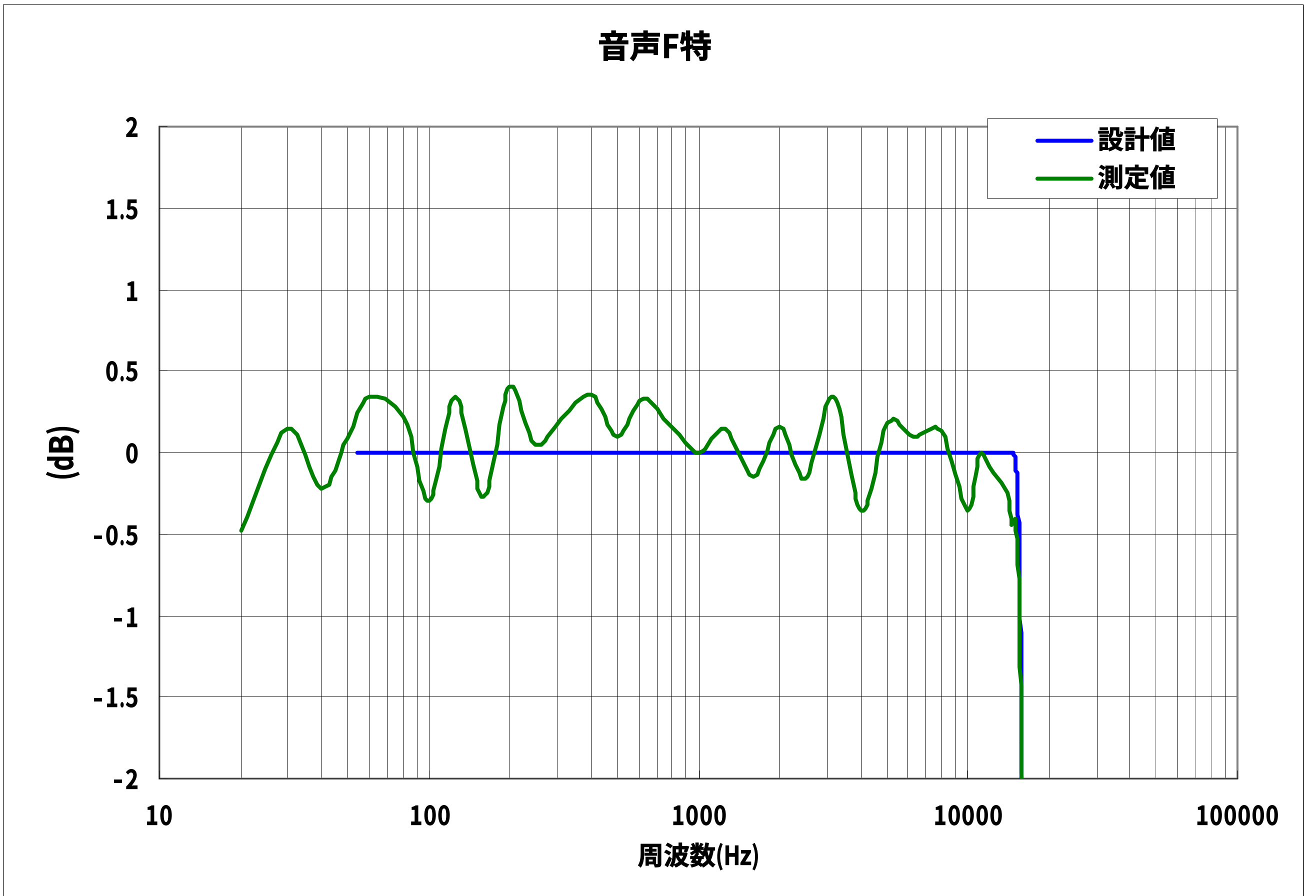
音声 F 特　測定値　1KHz 時-20UV となるように音声を入力 周波数を変化させながらレシーバー出力レベルをモニター



高音部分拡大

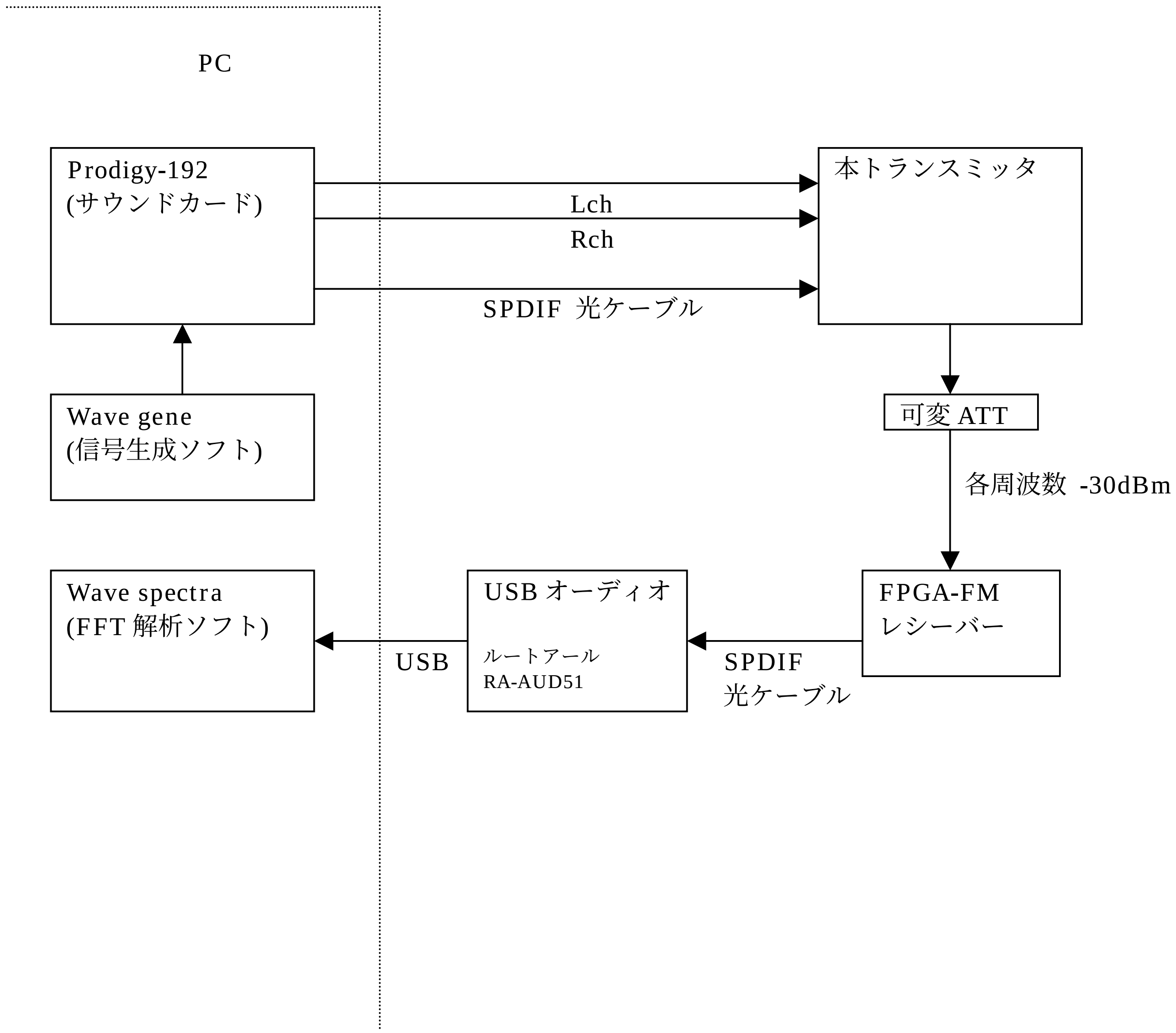


周波数偏差拡大



周波数偏差　さらに拡大

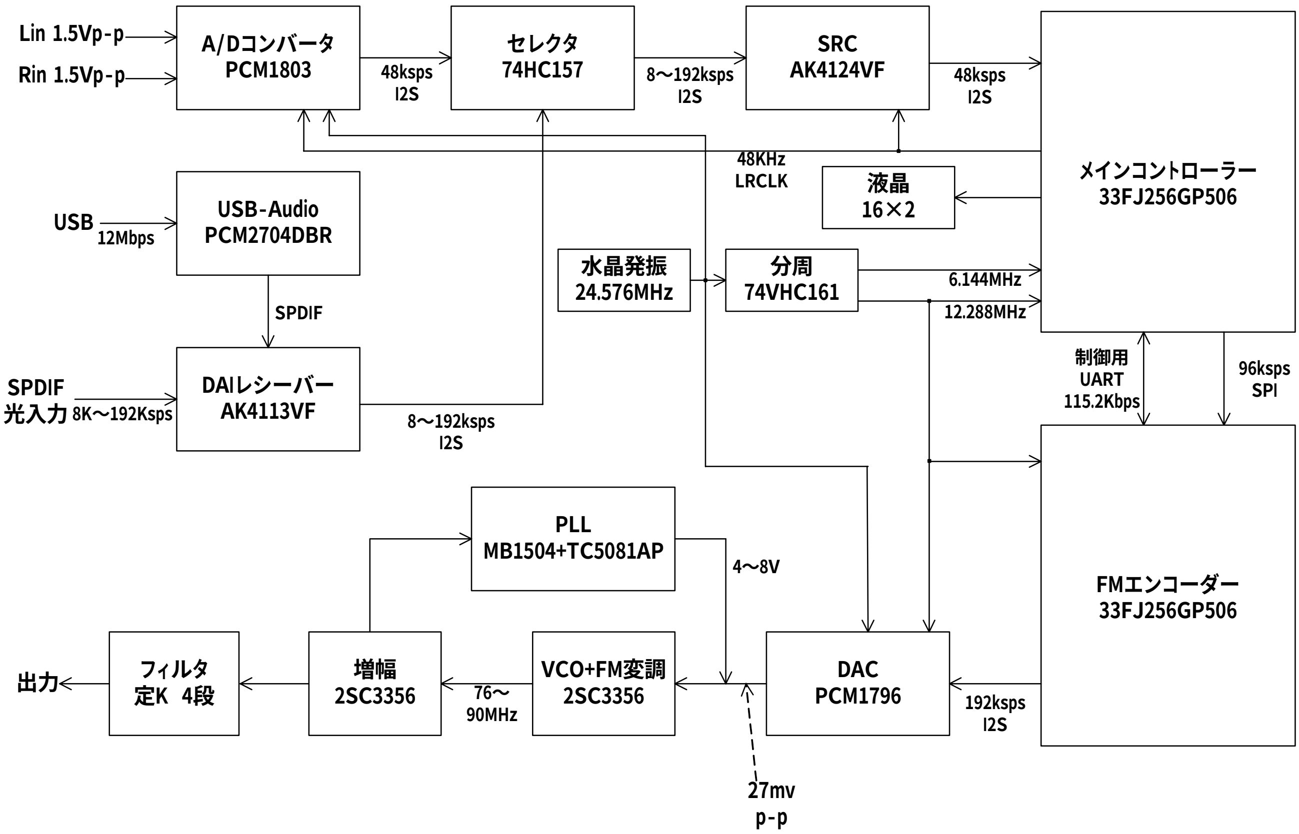
測定系 1　接続図



レシーバー設定値
ソフト　R23 改(セパレーション向上対策)
IF 帯域　75KHz
AFC OFF
モノラル測定時でも強制モノラルに設定せず

トランスミッタ設定値
76MHz 83MHz 90MHz 各種
その他　初期設定値のまま

6.　内部ブロック図



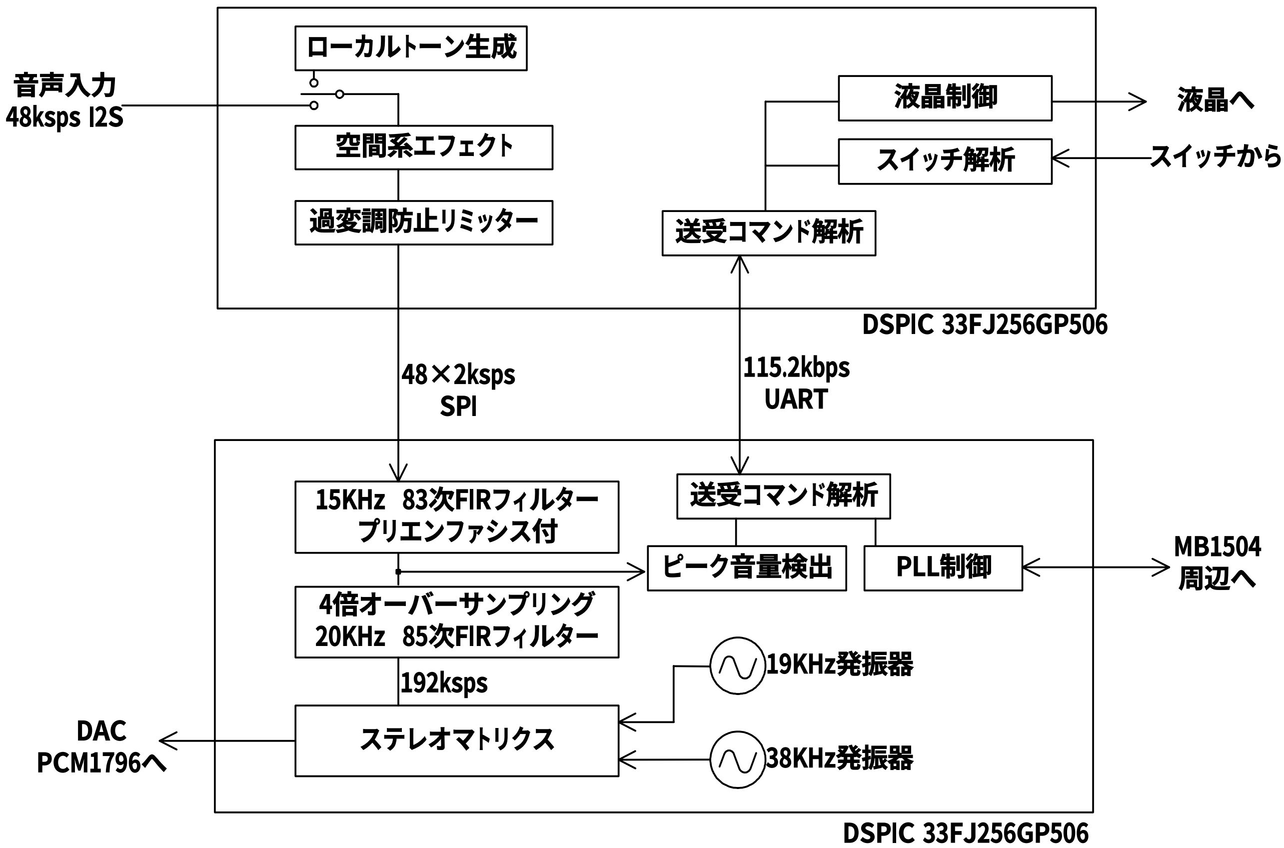
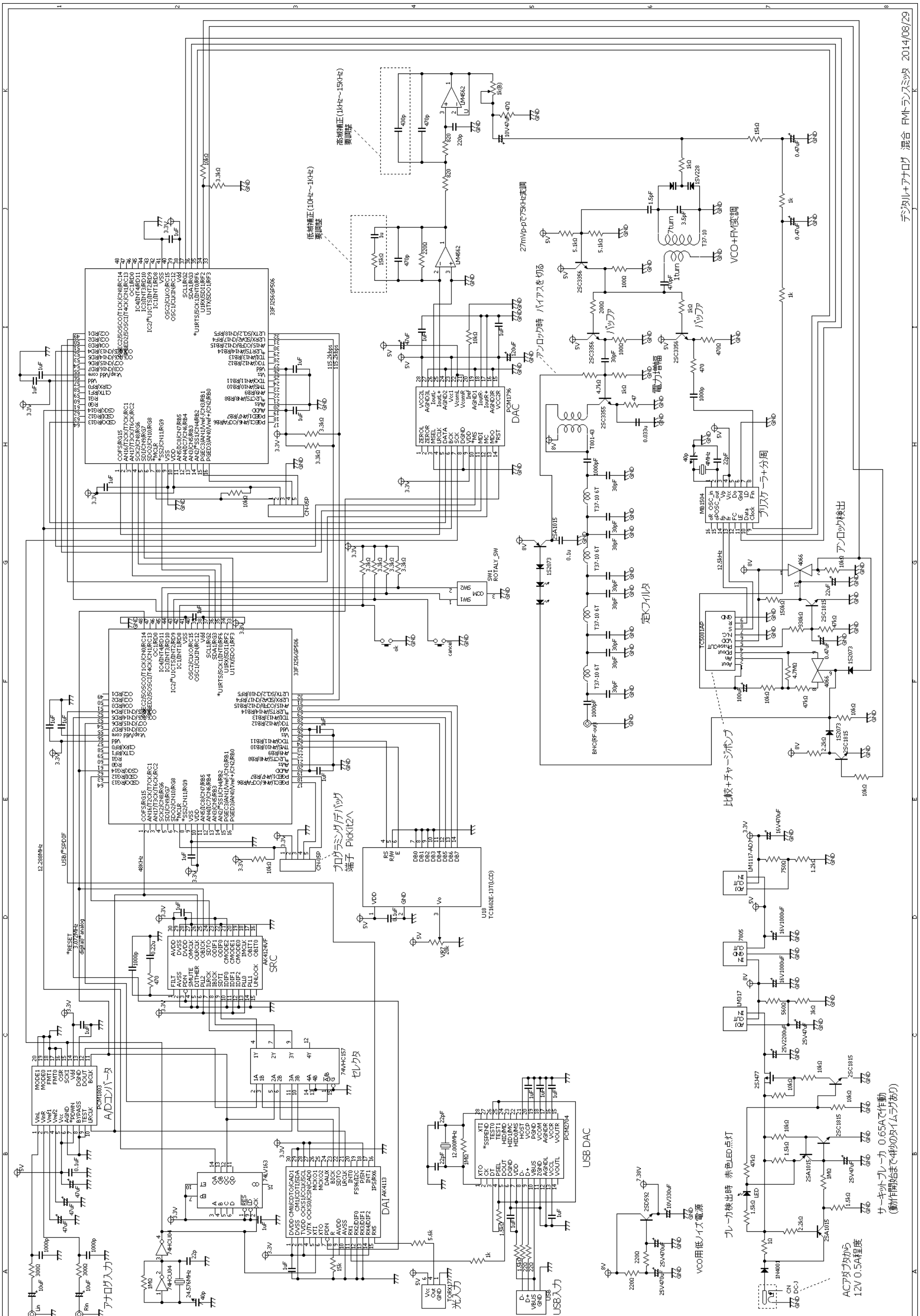


図 6.2　DSPIC 内部詳細

7.回路図



デジタル+アナログ 混合 FMトランスミッタ 2014/08/29
高域補正(1kHz～15kHz)要調整
低域補正(10Hz～1kHz)要調整
27mVp-pで75kHz変調
VCO+FM変調
バッファ
アンロック時 バイアスを切る
電力増幅
LPフィルタ
プリスケーラ+分周
アンロック検出
比較+チャージポンプ
DAC
PCM1796
SRC
AK4124VF
A/Dコンバータ
PCM1803
セレクタ
74VHC157
DAI
AK4113
USB DAC
PCM2704
プログラミング/デバッグ端子 PICkit2へ
アナログ入力
光入力
USB入力
VCO用低ノイズ電源
ブレーカ検出時 赤色LED点灯
サーキットブレーカ 0.65Aで作動 (動作開始まで4秒のタイムラグあり)
ACアダプタから 12V 0.5A程度